التأثيرات الصحية للهاتف الجوال

وأبراجه وبعض الأجهزة الالكترونية

أ. د. عذاب طاهر الكناني

خبير وقاية إشعاعية



دار الفجر للنشر و التوزيع

التأثيرات الصحية للهاتف الجوال
وأبراجه وبعض الأجهزة الالكترونية

التأثيرات الصحية للهاتف الجوال

وأبراجه وبعض الأجهزة الالكترونية

تأليف

أ. د. عُذاب طاهر الكناني

خبير وقاية إشعاعية

وزارة البيئة- دولة قطر

دار الفجر للنشر والتوزيع

2012

التأثيرات الصحية للهاتف الجوال وأبراجه وبعض الأجهزة الالكترونية

تأليف

أ. د. عُذاب طاهر الكناني

خبير وقاية إشعاعية

وزارة البيئة- دولة قطر

حقوق النشر	رقم الإيداع
الطبعة الأولى 2012	7921
جميع الحقوق محفوظة للناشر	الترقيم الدولي .I.S.B.N
	978-977-358-250-5

دار الفجر للنشر والتوزيع

4 شارع هاشم الأشقر – النزهة الجديدة

القاهرة – مصر

تليفون : 26242520 – 26246252 (00202)

فاكس : 26246265 (00202)

E-mail : daralfajr@yahoo.com

الإهداء

الى ارواح احبتي اللذين فارقوني على حين غرة

والدي الرجل الحكيم الشجاع

والدتي الطيبة كطيبة ارض العراق

اختي الكبيرة فاطمة (ام يوسف) رمز الحب والايثار والدتي الثانية

اختي نورية(ام محمد) النبع الصافي للحنان

اهدي مؤلفي هذا متمنيا من

الله ان يرحمهما برحمته الواسعة

المحتويات

الصفحة	الموضوع
11	**المقدمة**
15	**الفصل الأول: أساسيات الموجات الكهرومغناطيسية**
16	1- 1 المجال الكهربائي
18	1 – 2 الجهد الكهربائي V
20	1 – 3 المجال المغناطيسي:Magnetic field
26	1 – 4 القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي
30	1 – 5 العزم المؤثر على ملف يمر به تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي
32	1 – 6 الحث الكهرومغناطيسي
42	1 – 7 الموجة االكهرومغناطيسية
49	**الفصل الثاني: الادله الارشادية**
50	2- 1 التطور التاريخي لمعايير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية
56	2 – 2 آلية التواشج أوالاقتران بين المجالات والجسم
64	2 – 3 الادله الارشادية للهيئة الدولية للوقاية من الاشعاعات المؤينة
72	2 – 4 أسس الحد من التعرض
84	2 – 5 المستويات المرجعية reference levels للموجات الراديوية
95	2 – 6 المستويات المرجعية للتيارات الملامسة والمحتثة
97	2 – 7 المستويات المرجعية في تكنولوجيا الهواتف الجوالة
103	**الفصل الثالث: الهوائيات**
104	3 - 1 المقدمه
105	3 - 2 العوامل التي يعتمد عليها عمل الهوائي

3 - 3 أنواع الهوائيات 107
3 - 4 أنواع الهوائيات الاتجاهية. 116
3 - 5 أنواع منظومات الهوائيات 128
3 - 6 حدود الامتثال Compliance boundary أو منطقة الحظر 133
3- 7 أنواع هوائيات شبكات الهاتف الجوال نسبة إلى اتجاه البث 134
3- 8 إرسال الهواتف الجوالة 138
الفصل الرابع: المحطات الارضيه للهاتف الجوال 141
4 – 1 المقدمة 142
4 – 2 الأبراج 143
4 – 3 المعدات 147
4 – 4 محطات استقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية للهواتف الحرارية 151
4 – 5 الكشف عن الموجة االكهرومغناطيسية 170
4 – 6 الضوابط والمعايير الواجب إتباعها عند نصب المحطات الرئيسية والهوائيات 174
4 – 7 الإرسال من المحطات القاعدية 186
الفصل الخامس: أجهزة قياس مكونات الموجات اللاسلكية 191
5 – 1 المقدمه 192
5 – 2 خواص الموقع 192
5 – 3 الحسابات النظرية 198
5 –4 القياسات العملية 201
5 – 5 طرق القياس 204
5 – 6 أنواع أجهزة القياس 207
الفصل السادس: اجيال الهاتف الجوال 217

218 6-1 المقدمة

226 6- 2 الجيل الأول للهاتف الجوال G 1

230 6- 3 الجيل الثاني للهاتف الجوال G 2

243 6- 4 الجيل الثالث للهاتف الجوال G 3

255 6- 5 الجيل الرابع للهاتف الجوال G 4

258 6- 6 مكونات الهاتف الجوال

265 **الفصل السابع: التأثيرات الصحية للهاتف الجوال**

266 7 – 1المقدمه

274 7 – 2 الدراسات والبحوث العلمية

257 7 – 3 التأثيرات غير الضارة

276 7 – 4 التأثيرات الحرارية Thermal Effects

281 7 – 5 التأثيرات غير الحرارية Non- Thermal Effects

287 7 – 6 السرطان

294 7 – 7 تاثيرات اخرى

297 **الفصل الثامن: التأثيرات الصحية لأبراج الهاتف النقال**

298 8 – 1 تقييم المخاطر Risk Assessment

300 8 – 2 إدارة المخاطر Risk Management

301 8 – 3 مبادئ الوقاية The Precautionary Principle

302 8 – 4 استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة

307 8 – 5 تأثير المحطات القاعديه على البيوت أو المدارس

308 8 – 6 استخدام الأطفال للهواتف الحرارية

310 8 – 7 استخدام الهاتف الجوال قريبا من المستشفيات

310 8 – 8 الدروع الواقية للحد من إشعاع الترددات اللاسلكية

312 8 – 9 الاجرائات الوقائية
321 8 – 10 الاحتياطات التي تقلل من التعرض لترددات الهاتف الجوال أو الهوائي
324 8 – 11 سلامة العمل في موقع المحطة الارضية أو الهوائي
327 تعليمات مقترحة للوقاية من الاشعاعات غير المؤينة
343 **الفصل التاسع التاثيرات الصحية لبعض الاجهزة الالكترونية**
344 9 – 1 الكمبيوتر وتأثيراته الصحية
345 9 – 2 مشاكل خصوبة الرجال
350 9 – 3 مشاكل العظام والعضلات
356 9 – 4 اجهاد العين
360 9 – 5 بطئ الدورة الدموية
360 9 – 6 الادمان على الانترنيت
361 9 – 7 الاشعاع
362 9 – 8 المواصفات القياسية للحاسوب
369 9 – 9 جهاز مراقبة الطفل
376 9 – 10 التاثيرات الصحية لجهاز مراقبة الطفل
379 المصادر

المقدمة

في عام 1890، ابتكر وطور ماركوني أول نظم للاتصالات الراديوية وبعد ذلك أزداد تطور معدات توليد ترددات القدرة ومجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة. ومنذ ذلك الحين أستخدمت تكنولوجيا البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات اللاسلكيه والعديد من التقنيات الأخرى. وكان الهاتف الجوال الذي استخدم في بداية عام 1980،هو من أكثر التطبيقات الحديثة والناجحة لاختراع ماركوني . توصف الترددات الراديوية بأنها إشعاع غير مؤين ، لان طاقته أقل بكثير من ملي إلكترون فولط وهي طاقة غير كافية لتأين الذرات أو الجزيئات. الطاقة اللازمة لإزالة إلكترون من ألذرة أو الجزيء هي بضع إلكترون فولت. فإذا كانت الطاقة أقل من 1 إلكترون فولط ، فأنة من المستحيل أن يحدث التأين . الإشعاع ذات التردد العالي ، مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ، لها طاقة أكبر من 1 إلكترون فولط ، لذلك يمكنها بسهولة تأين الذرات والجزيئات ، وتوليد بعض الأضرار البايولوجية في الأنسجة حتى في شدات منخفضه.

يمكن للترددات االكهرومغناطيسية ذات الترددات العالية أن تخترق أنسجة الجسم حسب قدرتها فتولد طاقة حراريه عادة ما يستطيع الجسم التعامل معها و تبديدها لان الطاقة الصادرة من االهاتف الجوال منخفضه حيث يبلغ الحد الأقصى للهواتف الرقمية الجوالة 0.25 واط. وقد تسببت زيادة موضعية في حرارة المنطقة الملامسة للجوال حسب مقدار التردد الذي يصدره الجوال.

يحوي الكتاب في فصلة الأول أساسيات الموجات الكهرومغناطيسية وخواص المجال الكهربائي والمغناطيسي والحث المتبادل والذاتي ومكونات الطيف الكهرومغناطيسي وتطبيقاته المختلفة .

أما الفصل الثاني فيشمل الادله الارشادية للتعرض الناتج من الإشعاع غير المؤين والذي أوصت به ألجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين .الغرض من المعاير تحديد حدود التعرض للموجات االكهرومغناطيسية ضمن الترددات التي

تتراوح بين أكثر من 3 هرتز إلى 300 جيجاهرتز حيث أن الأشخاص المعرضين دون المحددات الموضوعة سيكونون في حماية تامة من الآثار الضارة على الصحة.

الادله العلمية الحالية تدل بوضوح على أن هناك عتبة للآثار الضارة على الصحة من التعرض للترددات الراديوية منها التدفئة ، التحفيز الكهربائي،والتأثيرات على السمع. المحددات الأساسية لهذه المعايير ، مستمدة من هذه العتبات وتشمل على هوامش للسلامة.

وناقش الفصل الثالث مفهوم الهوائيات المرسلة والمستقبلة للموجات الالكهرومغناطيسية والتي تحول الطاقة من شكل إلى آخر فهوائي الاستقبال يحول الطاقة الالكهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو مغناطيسية. أما هوائي الإرسال فأنة يحول التغييرات في ألطاقة الكهربائية أو المغناطيسية إلى طاقة كهرومغناطيسية.

الفصل الرابع يوضح المحطات الارضيه للهاتف الجوال والتي تتألف من عدد من المعدات منها الهوائي ،البرج الذي يكون بطول مناسب لكي يوفر التغطية الجيدة ، والمعدات الأخرى.وتقوم المحطات الارضيه بعمليتي بث واستقبال للموجات الراديوية . فعندما يتحدث شخص عبر الهاتف الجوال ، فيتم التحدث إلى المحطة الارضيه (الخلية) القريبة من ألقاعدة. تنتقل المكالمة الهاتفية من تلك المحطة إلى المنظومة الارضيه .

أجهزة قياس شدة المجال الكهربائي E (V/m) شدة المجال المغناطيسي H (A/m). و الحدود المشتقة ، والتي تعطى بدلالة كثافة تدفق القدرة S (W/m^2) . وانواع الأجهزة المحولة والشخصية موضحة في الفصل الخامس .

الفصل السادس وضح التطور التاريخي للهاتف الجوال منذ اختراع ماركوني للهاتف ثم الهواتف الاسلكيه حتى عام 1980 بداية استخدام الجوال بالنظام التناظري حتى 1990 عند استبدال الأنظمة التناظرية بالتكنولوجيا الرقمية ، والتي

وفرت سعة أعلى ، جودة أفضل وخدمات جديدة. ثم العام 2000 والذي يستخدم نظام الجيل الثاني (G2) للهاتف الجوال . ثم استخدم الجيل الثالث (G3) والذي قدم بيانات جديدة وخدمات جديدة متطورة .

الفصل السابع والثامن ناقش المعلومات المهمة عن تقييم المخاطر الصحية الناجمة عن التعرض لمجالات ألموجات اللاسلكية من الهاتف الجوال ومحطاته الارضيه ومنها التأثيرات الحرارية وغير الحرارية. ولان الحاسبات و الانترنيت لها تأثيرات صحية تمت مناقشتها كذلك .

يمثل الكتاب معلومات مهمة ومبسطة عن الهاتف الجوال والمحطات الارضيه وتأثيراتها الصحية حسب البحوث الأصيلة لمجموعة من الباحثين ولم نتوخى التهويل لهذه المخاطر او التقليل من شانها ولكن البحوث تمت مناقشتها بعلمية وموضوعية واقترحنا إجراء مزيد من البحوث للوصول إلى قناعة راسخة بتلك التأثيرات. أمل أن أكون قد وفقت في مؤلفي هذا لخدمة الإنسان العربي أين ما كان.

الفصل الأول

أساسيات الموجات الكهرومغناطيسية

1- 1 المجال الكهربائي:

هو المنطقة المحيطة بالجسم المشحون ويؤثر بقوة كهربائية عند دخول شحنة اختباريه (شحنة موجبة مقدارها كولوم واحد) في تلك المنطقة التي تظهر منها القوة الكهربائية للشحنة.

شدة المجال الكهربائي E:هو مقدار القوة (F) التي تؤثر فيها الشحنة على شحنة اختبار q موضوعه في مجال هذه الشحنة.

$$E = \frac{F}{q} \frac{Newton}{Coulomb} \quad \ldots. \ 1$$

ويمكن التعبير عن شدة المجال من قانون كولوم

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kq_1 q}{r^2 q_1}$$

حيث أن k ثابت التناسب = 9 × 10 ^{9} نيوتن.م^2/ كولوم^2

$$E= \frac{kq}{r^2} \ldots\ldots\ldots \ 2$$

أي أن لشدة المجال قانونان الأول من التعريف معادلة ...1 ، والثاني من قانون كولوم معادلة ....2 ، يعتمد استخدام أي منهما على المعطيات في أي مسالة

رياضية. شدة المجال تقاس نيوتن/كولوم لان القوة الكهربائيـــة وتقـــاس نيـــوتن ، ومقدار الشحنة الإخبارية وتقاس بالكولوم.

خط المجال الكهربائي: هو المسار الذي تسلُكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال.

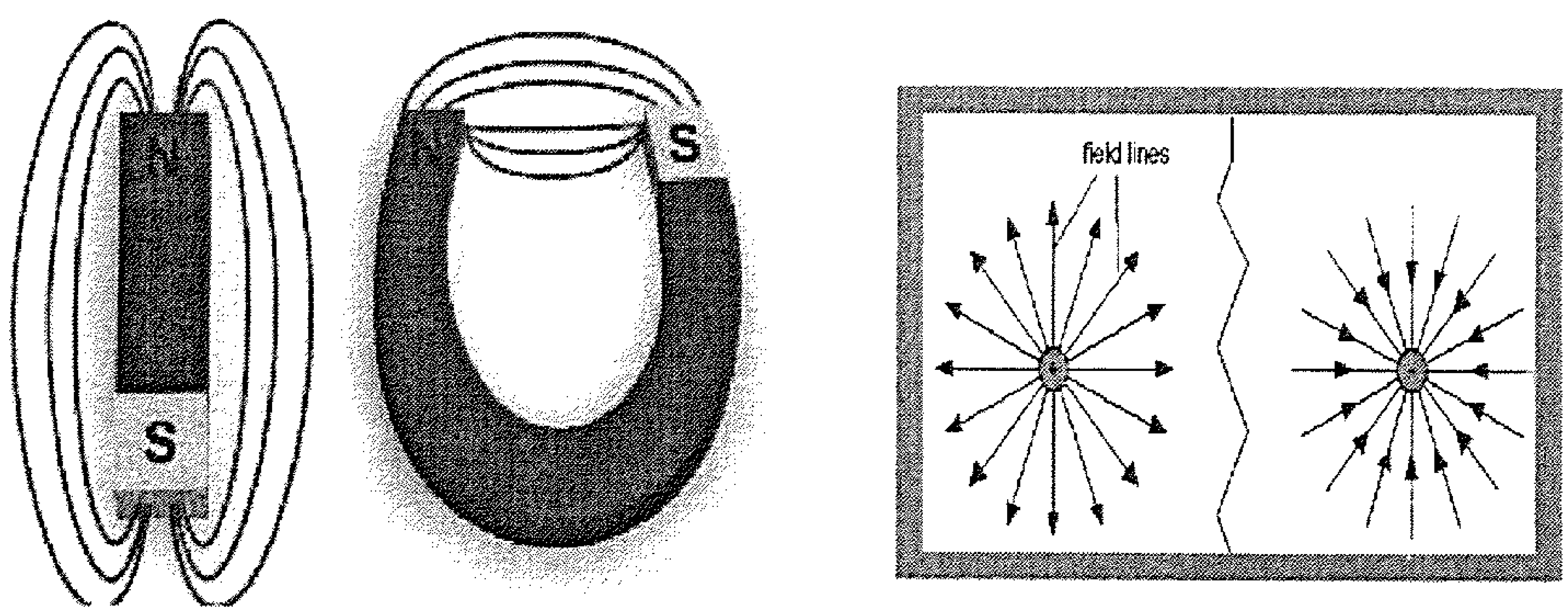
مميزات خطوط المجال الكهربائي:

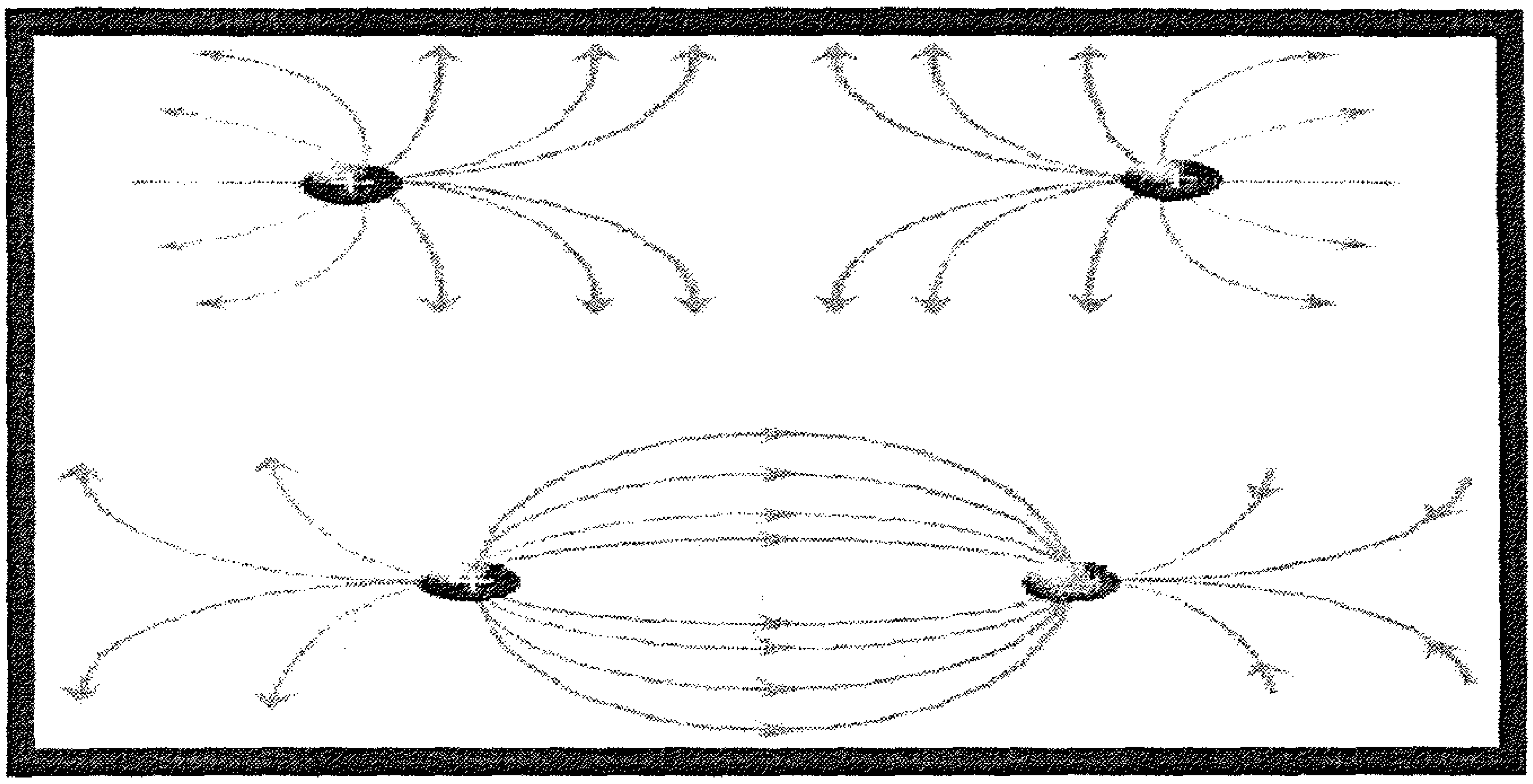
1 – تتبع خطوط المجال الكهربائي من الشحنة الموجبة بصورة عموديـــة علـــى السطح وتنتهي عند الشحنة السالبة شكل (1−1)

2 – تتناسب كثافة خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية .

3- نحدد اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة بنفس اتجاه المماس عند تلك النقطة .
4- خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية تبين مسار واتجاه حركة شحنة اختبار موجبة توضع في النقطة المراد إيجاد شدة المجال عليها. وهي لا تتقاطع لأنها لـــو تقاطعت لكان بالإمكان رسم مماسين من نقطة التقاطع يمثلان اتجـــاهين مختلفـــين لشدة المجال وهذا غير ممكن لان المجال له اتجاه واحد فقط.

شكل (1 - 1) خطوط المجال الكهربائي





المجال المنتظم هو المجال الذي قيمته ثابتة عند جميع النقاط ويمكن الحصول عليه من خلال صفيحتين متوازيتين مشحونتين بنفس مقدار الشحنة لكن الأولى موجبة والثانية سالبة.

1 – 2 الجهد الكهربائي V :

عند نقل شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى يتطلب ذلك انجاز شغل للتغلب على قوة التنافر فيتحول هذا الشغل إلى طاقة كهربائية كامنة أي تزداد طاقة الشحنة . لذلك يعرف الجهد الكهربائي بأنة الشغل المبذول على وحدة الشحنة الكهربائية لنقلها من نقطة إلى أخرى.

الجهد الكهربائيV = الشغل المبذول (الطاقة)W / الشحنة الكهربائية q

= جول \ كولوم = فولط.

$$V = \frac{W}{q} = \frac{Joul}{Coulomb} = Volt \quad \text{-----} \ 3$$

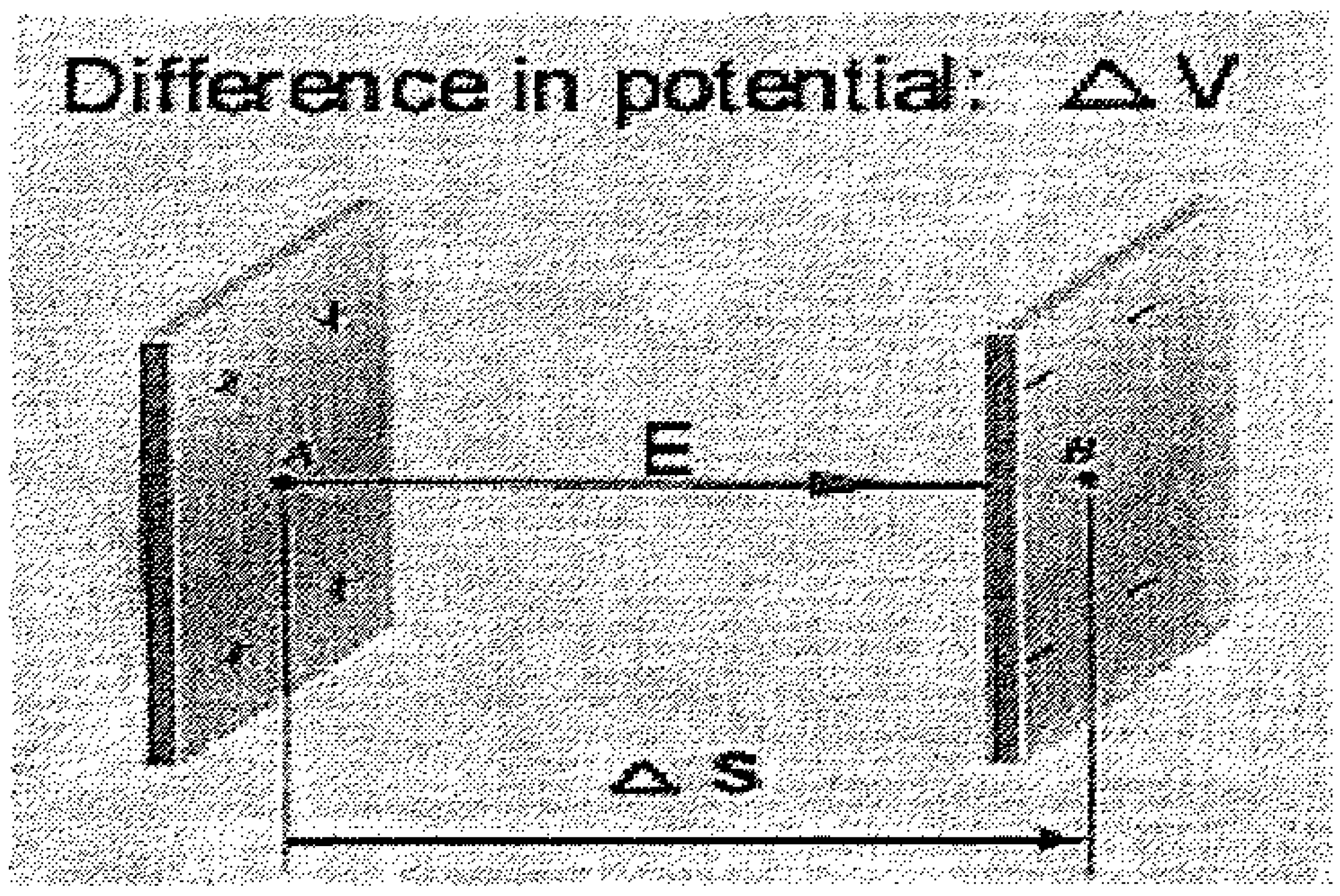
ويمكن كتابة القانون بدلالة الشحنات وابعادها

$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q} = \frac{kq_1q_2r}{r^2} = \frac{kq}{r}$$

$$V = \frac{kq}{r} \quad ----4$$

أي أن الجهد الكهربائي له قانونان الأول من التعريف معادلة ...3، والثاني من قانون كولوم معادلة ....4 ويعتمد استخدام أي منهما على المعطيات في أي مسالة رياضية.

العلاقة بين شدة المجال وانحدار الجهد



$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q}$$

$$\frac{V}{r} = \frac{F}{q} \quad ----5$$

الطرف الأيمن من المعادلة 5 هو شدة المجال والطرف الأيسر يسمى انحدار الجهد أي أن شدة المجال تساوي انحدار الجهد وهو قانون يربط بين الجهد و شدة المجال

.آما فرق الجهد بـين نقطتـين فهـو جهـد النقطـة الأكبـر - جهـد النقطـة الأصغر $V_{ab} = V_a - V_b$

1 – 3 المجال المغناطيسي:Magnetic field :

نشأ علم المغناطيسية من ملاحظة أن بعض الأحجـار والـي تـسمى المجنايـت Fe_3O_4 Magnetite تجذب إليهـا جـسيمات الحديـد. وكلمـة مغناطيـسية Magnetismهي مشتقة من منطقة مغنطيسيا Magnesia في أسـيا الـصغرى حيث توجد هذه الأحجار. وكما هو معروف أن الكـرة الارضـيه نفـسها هـي مغناطيس دائم .في عام 1820 لاحظ العالم اورستد Orested أنه إذا مر تيار في سلك فإنه ينشأ تأثير مغناطيسي متمثلاً في انحراف إبرة مغناطيـسية موضـوعة بجوار السلك،

المجال المغناطيسي هو الحيز الذي تظهر فيه قوة مغناطيسية تـؤثر فـي شـحنة كهربائية متحركة أو مغناطيس موضوع في ذلك الحيز.

إما الفيض المغناطيسي (ϕ_m): عدد الخطوط المغناطيسية المتجاورة المارة خلال مساحة ما من الحيز وتقاس بالويبر او ماكسويل، (خط القوة)=10^8 ويبر.

و كثافة الفيض المغناطيسي (B): وهو الفيض المغناطيسي المار عموديـا خـلال وحدة المساحة.

كثافة الفيض المغناطيسي (B)=الفيض (ϕ_m)/المساحة (A).

وحداتها ، ويبر/م^2 ($Weber/\ m^2$) وتسمى (تسلا T) أو الجـاوس فـي نظـام (سم.غم.ثا) والذي يساوي ماكسويل/سم^2. شكل (1 – 2)

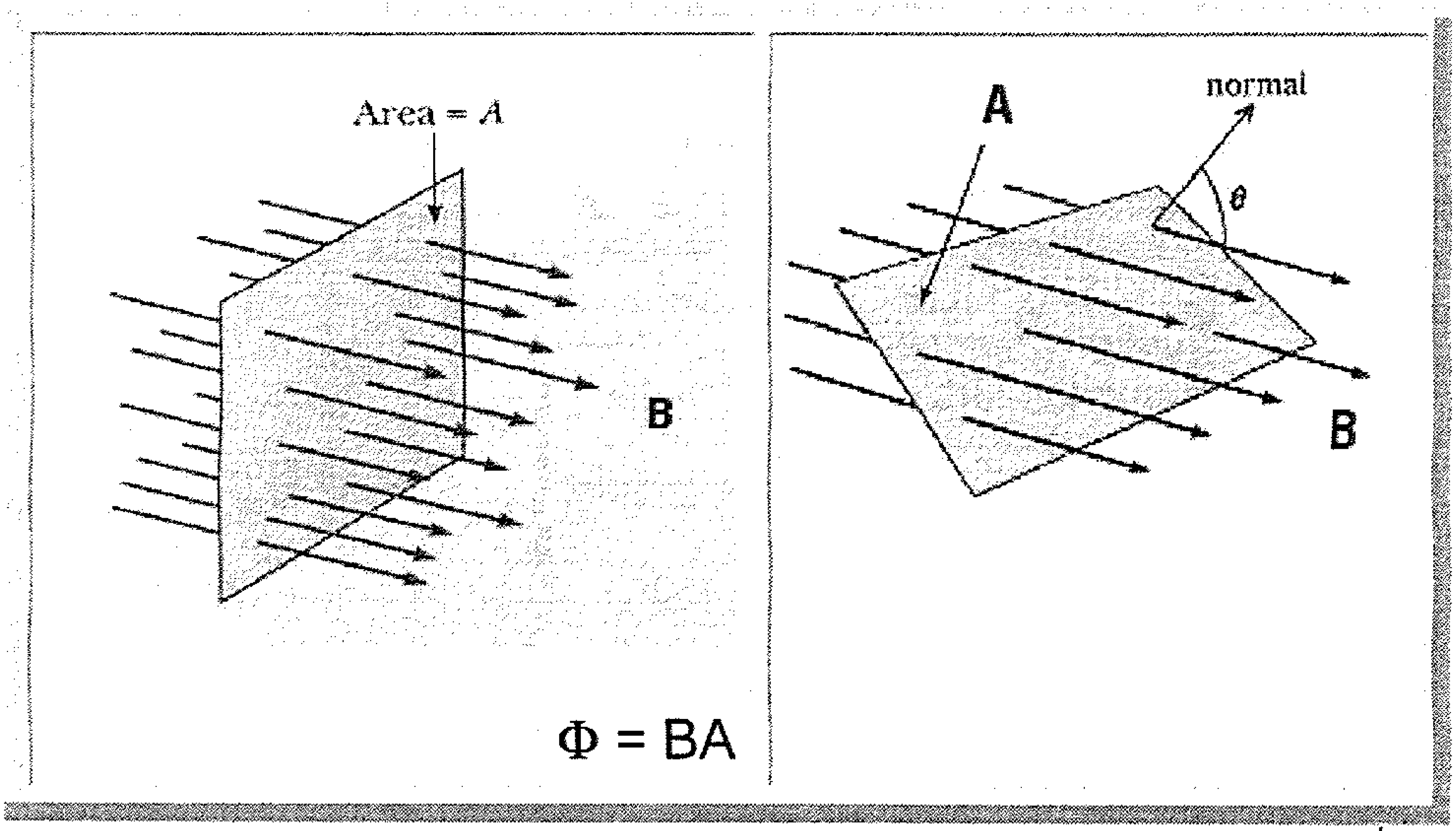
تسلا= ويبر/م^2= 10^8 ماكسويل / 10^4 سم^2= 10^4 ماكسويل/سم^2= 10^4جاوس.

اكتشاف اورستد

أنجز العالم الدنماركي اورستد عام 1819 تجاربه عن المجال المغناطيسي في موصل على هيئة:

1 – سلك مستقيم 2 – ملف دائري 3 – ملف لولبي

شكل (1 – 2) تعريف كثافة الفيض المغناطيسي



1 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في سلك مستقيم:-

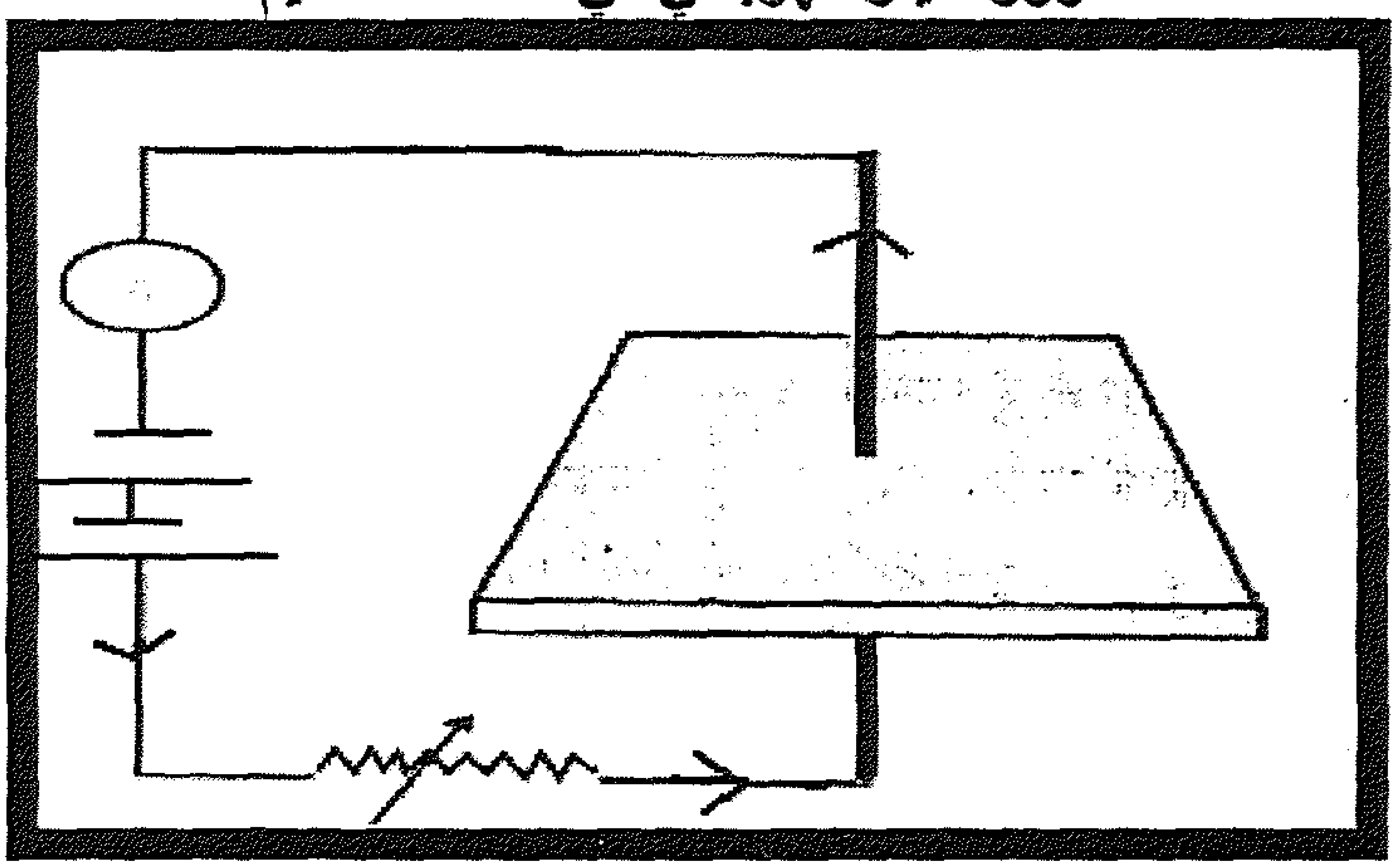
نضع مجموعة من البوصلات حول السلك نلاحظ أنها تشير إلى اتجاه الزوال المغناطيسي الأرضي. نغلق الدائرة الموضحة في الشكل (1 – 3) فيسري تيار مناسب في الموصل المستقيم و يتولد حول الموصل مجال مغناطيسي يعتمد اتجاهه على التيار خلالها نبعد البوصلات ثم ننثر برادة الحديد حول السلك ونطرق لوح الورق طرقا خفيفا. نفتح الدائرة ونبعد برادة الحديد ثم نرتب البوصلات حول السلك ونغلق الدائرة ونلاحظ اتجاه الأقطاب الشمالية للبوصلات لمعرفة اتجاه خطوط المجال حول ، نغير ربط أقطاب البطارية فيتغير اتجاه التيار ونتعرف على

اتجاه المجال من خلال تعيين اتجاه خطـوط المجـال حـول الموصـل بـثلاث طرق هي :

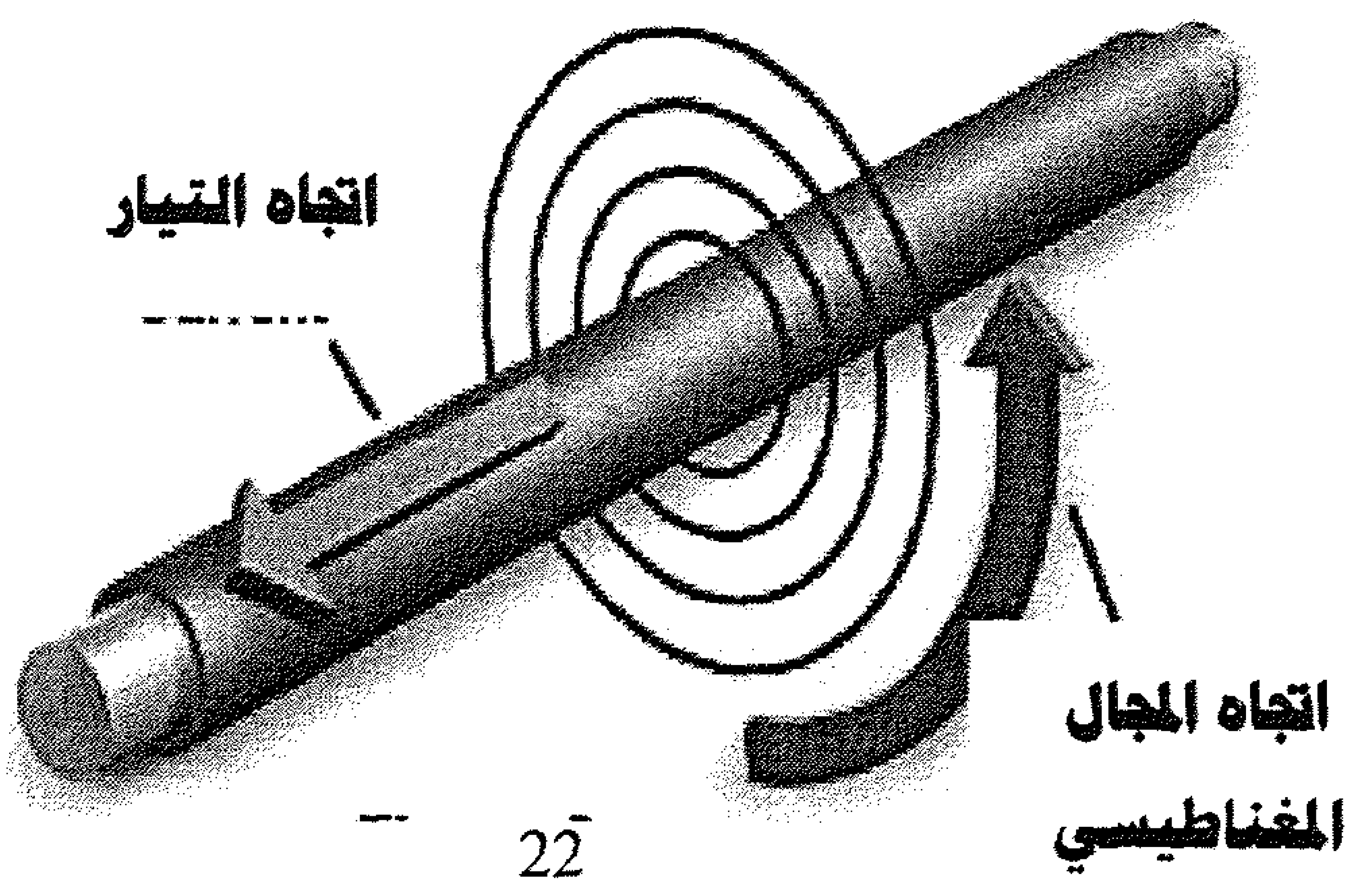
1 – قاعدة كف اليد اليمنى : عندما تقبض اليد اليمنى على الموصل بحيث يـشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي فان اتجاه حركة لف الأصابع حول السلك يحـدد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي . الشكل (1 – 4) .

2 – قاعدة البريمة(اللولب) اليمنى لماكسويل : إذا أدرت بريمة بحيث يشير اتجاه اندفاعها إلى اتجاه التيار فان اتجاه دوراتها يحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي

الشكل (1 – 3) تجربة اورستد
لمرور لتيار كهربائي في سلك مستقيم



الشكل (1 – 4) قاعدة كف اليد اليمنى



3- باستخدام بوصلة مغناطيسية صغيرة: إذا وضعت بوصلة على لـوح الـورق المقوى الذي يخترقه الموصل فان الاتجاه الذي يتخذه قطبها الشمالي يـدل علـى اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي ، ومن رسم شكلا للمجال المغناطيـسي حـول السلك فيكون شكل المجال بشكل دوائر مغلقة منتظمة متحدة المركـز مركزهـا السلك ذاته وفي مستوى عمودي على السلك .من هذه التجربة نلاحظ أن :

1- الدوائر التي تمثل خطوط الفيض المغناطيسي تتزاحم بالقرب مـن الـسلك وتتباعد بتباعدها عنه ونستنتج من هذا أن شدة المجـال المغناطيـسي للتيـار تتناسب عكسيا مع بعدة عن السلك (d).

2 - بزيادة شدة التيار الكهربي في السلك وإعادة طرق لوح الـورق المقـوى يزداد تزاحم خطوط الفيض حول السلك حيث تصبح الدوائر أكثر ازدحاما.

العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال المغناطيسي هي :

أ. شدة التيار الكهربائي (I) تناسب طردي مع شدة المجال ($B \alpha I$)

ب. بعد النقطة عن السلك (d) تناسب عكسيا مع شدة المجال($B \alpha 1/d$)

ونستنتج من هذا ان شدة المجال تناسب طردي مع شدة التيار تسمى العلاقة السابقة قانون أمبير الدائري Ampere's Circuital Law. حيث أن μ ثابت السماحية (النفاذية) للفراغ = $4 \pi x 10^{-7}$ ويبر / أمبير . متر . العلاقة في حالة سـلك موضوع في الهواء فان قانون أمبير الدائري يكتب بالشكل التالي:

أي ان **$B=\mu I / 2 \pi d$**

لذلك ينصح ببناء المساكن بعيدا عن أبراج الضغط العالي لان كثافة الفيض المغناطيسي تتناسب عكسيا مع بعدة عن السلك ($B \alpha 1/d$)

إذا العلاقة في حالة سلك موضوع في الهواء تكتب على الصورة

$$B =2 x 10^{-7} I / d$$

2 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف دائري:

عند مرور تيار في الملف يتولد داخل قلب الملف مجال مغناطيسي يؤدي الى تولد قطبين مغناطيسيين للملف حسب قاعدة الكف اليمنى حيث أن حركة لف الأصابع باتجاه التيار الكهربائي فيشير الإبهام الى القطب الشمالي لجوف المغناطيس . العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري :عدد لفات الملف الدائري N تناسب طردي ،شدة التيار الكهربي المار في الملف I تناسب طردي ، نصف قطر الملف الدائري r تناسب عكسيا يمكن حساب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف من خلال نصف قطر الدوران (r) وعدد اللفات (N):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

3 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي:

نضع بوصلة عند أحد طرفي الملف ثم نقفل الدائرة ونلاحظ البوصلة و نحركها داخل الملف على طول محوره ونلاحظ اتجاه قطبها الشمالي الشكل (1 – 5) ننقل البوصلة إلى الطرف الثاني للملف ونكرر ما سبق – نعكس اتجاه التيار المار ونكرر ما سبق. نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول الملف ثم نغلق الدائرة ونطرق لوح الورق المقوى طرقا خفيفا ونرسم شكل المجال فيكون بشكل خطوط مستقيمة متوازية (مجال منتظم) مغلقة يتجه في الداخل من الجنوبي إلى الشمالي وفي الخارج من الشمالي إلى الجنوبي. ولتعين قطبي الملف نستخدم قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل باعتبار ان يتكون من مجموعة من اللفات الدائرية المتحدة المركز .إذا أدرنا رأس البريمة داخل الملف على محوره في نفس اتجاه التيار في الملف يكون اتجاه تقدم

البريمة هو نفس اتجاه خطوط المجال داخل الملف طرف الملف .عنـــدما يكـــون اتجاه التيار مع حركة عقارب الساعة يكون ذلك الطرف قطب جنوبي والطـــرف الآخر شمالي. تتوقف كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على المحور داخـــل الملف اللولبي على :

1 – شدة التيار [تناسب طردي] $B \propto I$

2 – عدد اللفات في وحدة الأطوال [تناسب طردي] $B \propto N$

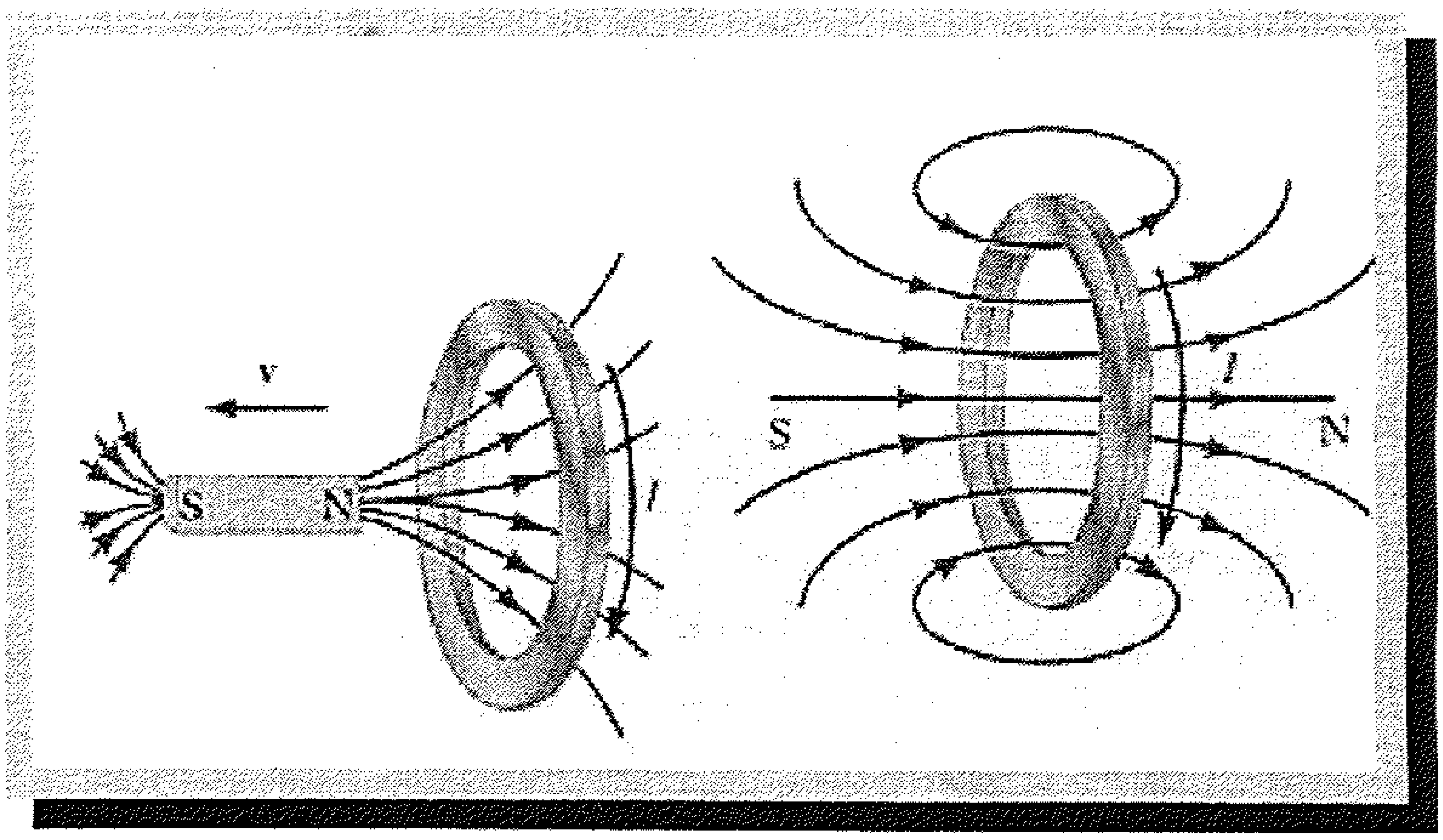
اذن $B \propto NI$

ومنها $I\ B = \mu\ N$

وتكتب هذه العلاقة أحيانا بالشكل التالي :

$$I\ B = \mu\ N\ I/ L$$

شكل (1 - 5) تجربة المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي



1 – 4 القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي

1- على شحنة كهربائية (قوة لورنز):

عند وضع شحنة اختبار ساكنة عند نقطة في منطقة مجال مغناطيسي فأن القـــوة المغناطيسية عليها تساوي صفر . ولكن تحريك الشحنة الاختيارية q_o بـــسرعة v خلال المجال المغناطيسي فإنها تتأثر بقوة عمودية على اتجاه السرعة تسمى قـــوة لورنز. عمودية على اتجاه السرعة. يعتمد مقدار القوة المغناطيسية علـــى كثافـــة الفيض المغناطيسي و على اتجاه سرعة الشحنة حيث أن B تتناسب طردياً مـــع θ الزاوية بين السرعة والمجال المغناطيسي .B ولقد وجد عملياً أن اتجاه القوة يكون دائماً عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي B .

$$F = q_{\theta}\ v\ B\ \sin$$

وجد أن القوة المغناطيسية تصبح نهاية عظمى عندما تكون السرعة عمودية على المجال المغناطيسي . أي ان $F = q_o\ v\ B$

ويكون اتجاه المجال المغناطيسي في اتجاه دوران بريمة تدور من v إلى B .كمـــا أن القوة المغناطيسية على الشحنة السالبة يكون في عكس القوة المغناطيسية علـــى الشحنة السالبة.

2- سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع في هذا المجال.

أن التيار الكهربي المار في سلك موصل هو حركة للشحنات في السلك، افتـــرض سلك من مادة موصلة طولها L ومساحة مقطعها A يمر بهـــا تيـــار كهربـــي I ، والسلك موجود في منطقة مجال مغناطيسي B الشكل (1 – 6 أ و ب) .

تتحرك الشحنات داخل مادة الموصل بسرعة تسمى سرعة الانجراف Drift velocity V_d

ويكون تأثير المجال المغناطيسي على الشحنة المتحركة هو

$$F = q_o\ V_d \times B \sin\theta$$

ولإيجاد القوة المغناطيسية التي تؤثر على السلك يجب أن نوجد عدد الشحنات المارة في السلك وسنفترض أن عدد تلك الشحنات هوnAL حيث أن n هو عدد

الشحنات لكل وحدة حجم وعليه تكون القوة المغناطيسية الكلية تعطى بالمعادلة التالية:

$$F = q_o V_d X B (nAL) \sin\theta$$

ولكن سرعة الانجراف هي $V_d = I/nqA$

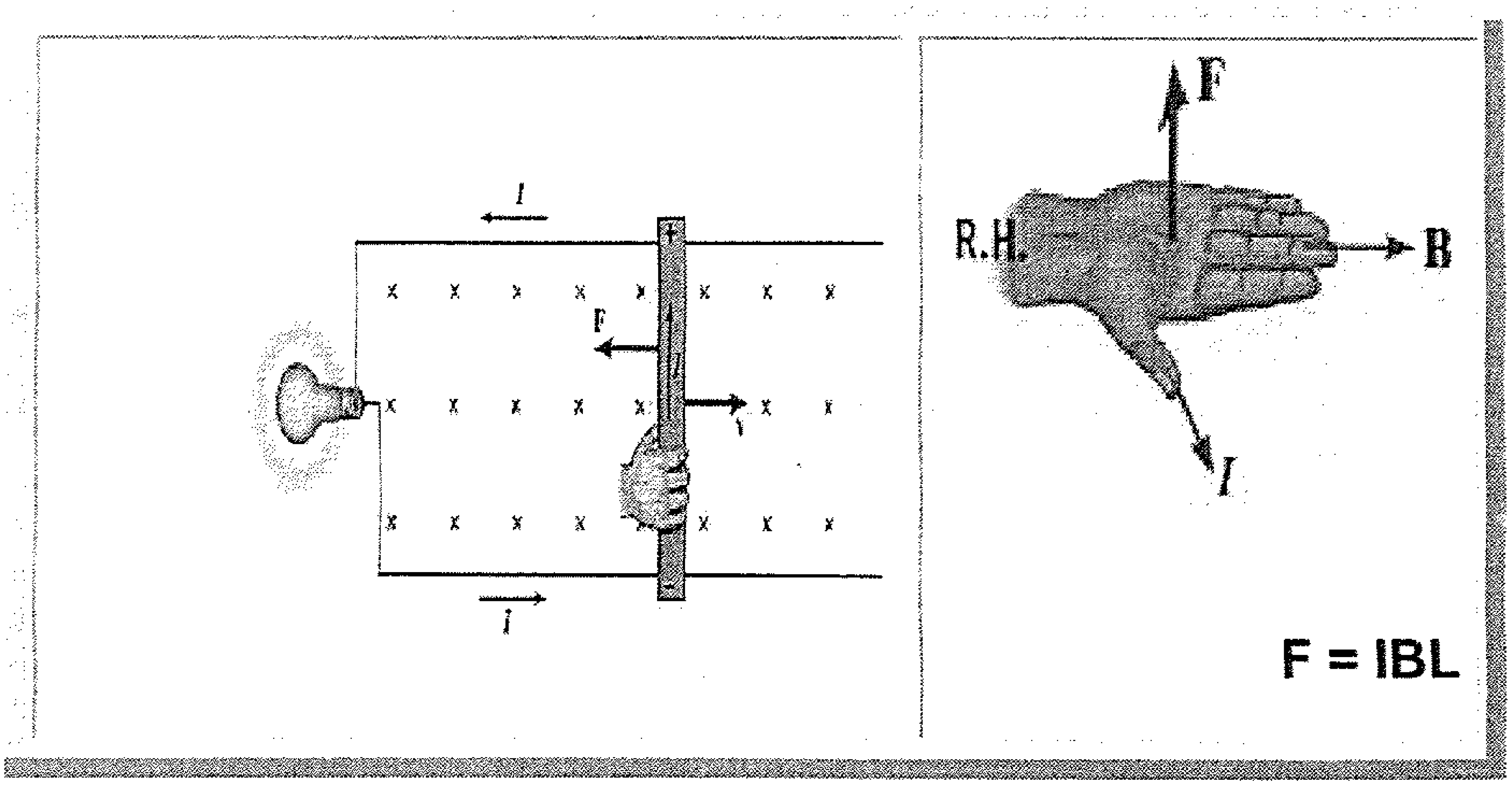
بالتعويض عن سرعة الانجراف نحصل على المعادلة التالية :

$$\mathbf{F = I L X B} \sin\theta$$

وعندما تكون القوة عمودية على السرعة فان $\theta = 90$ و $\sin\theta=1$ فتكون القوة في قيمتها العظمى $\mathbf{F = I L X B}$

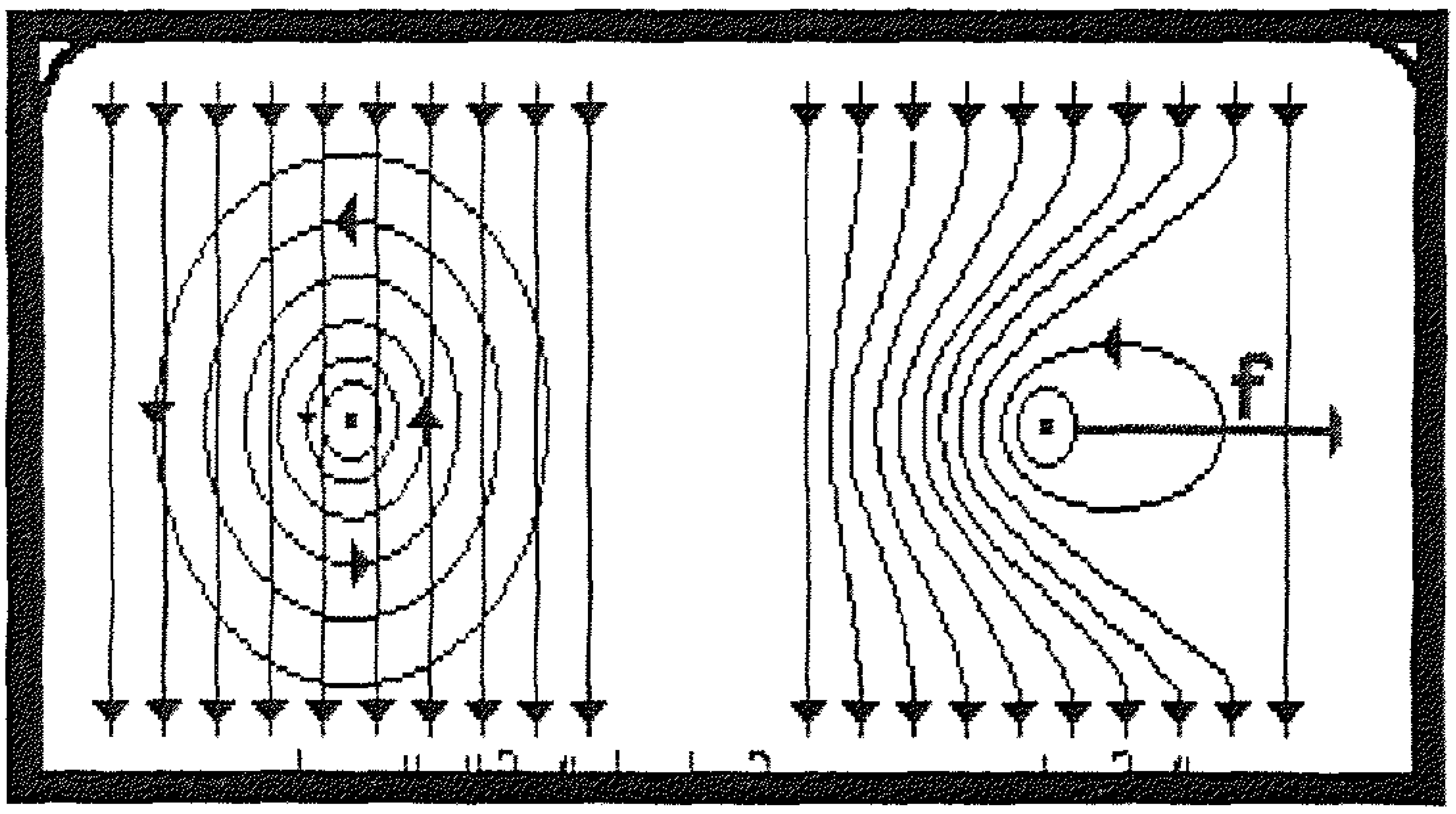
تتوقف القوة المؤثرة على السلك الذي يمر فيه تيار كهربي على :طول السلك L تتناسب القوة طرديا مع طول السلك ، شدة التيار الكهربي I تتناسب القوة طرديا شدة التيار الكهربي المار في السلك ، وكثافة الفيض المغناطيسي B تتناسب القوة تناسبا طرديا مع كثافة الفيض المغناطيسي .

الشكل (1 - 6 أ) القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على سلك يمر فيه تيار



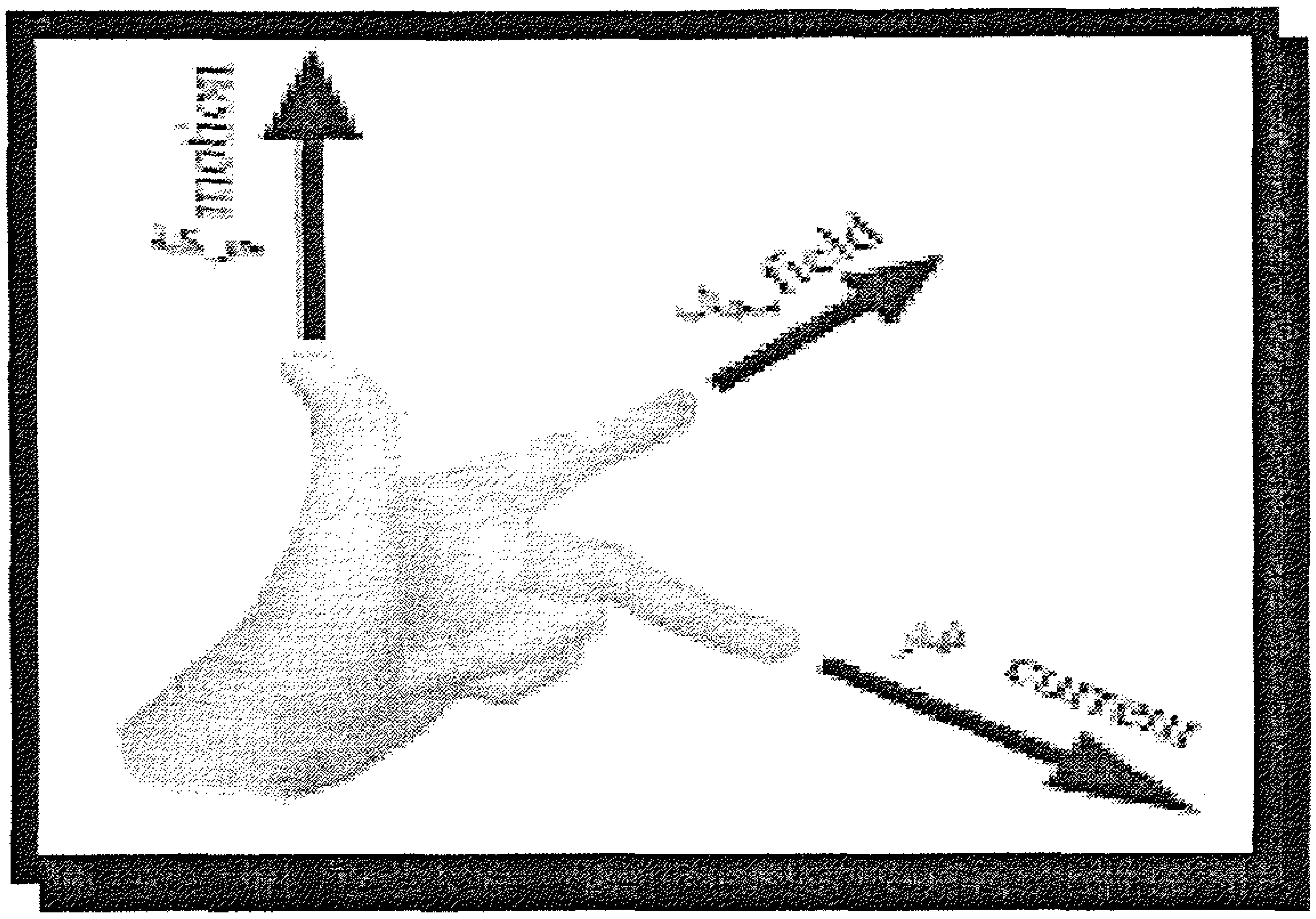
إن سبب هذه القوة وجود مجالين مغناطيسيين احدهما ناشئ عن تيار للسلك و الأخر المجال المغناطيسي المؤثر خطوط فيض للمجالين قد تكون في اتجاه واحد في أحد جانبي السلك إذا تزداد كثافة الفيض وتتزاحم خطوط الفيض وتتنافر مع بعضها البعض بينما في الجانب الآخر من السلك تكون خطوط فيض مجال التيار وخطوط فيض المجال المغناطيسي المؤثر في اتجاهين متضادين فتقل كثافة الفيض وتتباعد خطوط المجال نستنتج من ذلك أن قوة التنافر بين خطوط الفيض بعضها البعض تكون في جانب أكبر منها في الجانب الآخر فتعمل محصلة هاتين القوتين على تحريك السلك من جانب إلى آخر كما هو موضح في الشكل (1- 4 ب)

الشكل (1 - 6 ب) المجال المغناطيسي للسلك والثابت



ولتحديد اتجاه القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع عموديا على اتجاه المجال نطبق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج وذلك بجعل إصبعي اليد اليسرى السبابة والإبهام متعامدين على بعضهما وعلى باقي الأصابع ماعدا الإبهام إلى اتجاه التيار ،فان الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي لحركة السلك ،الشكل (1 - 7).

الشكل (1 - 7) قاعدة اليد اليسرى لفلمنج



3 – القوة بين سلكيين متوازيين يحملان تيارين

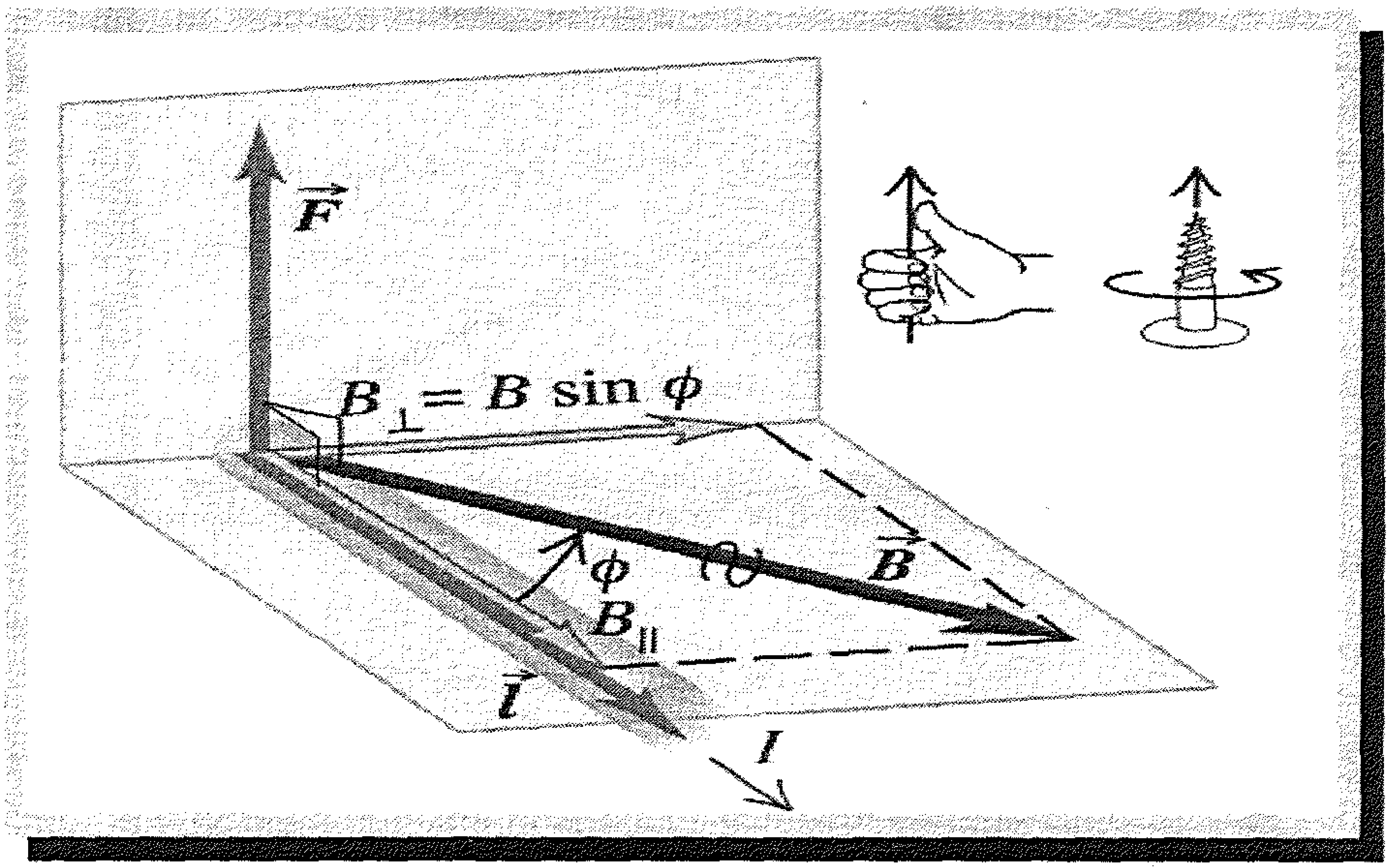
عندما يمر تيار I_1 في سلك وتيار في سلك أخر مواز له يتكون حول كـل سـلك مجال مغناطيسي يولد قوة يمكن تعبن اتجاهها بتطبيق قاعة الكف اليمنـى شـكل (1 –8). يكون محصلة القوتين قليلة بين السلكيين إذا كان التيار باتجاه واحد في السلكيين فتنتج بينهما قوة تجاذب . وتقوى محصلة القوتين بين السلكيين اذا كـان التيار باتجاهين متعاكسين في السلكيين فتنتج بينهما قوة تنافر .ويمكن كتابة القـوة المؤثرة حسب المعادلة
التالية :

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$$

$$F_1 = B_2 I_1 L = \left[\frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}\right] I_1 L$$

$$F1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

شكل (1 - 8) القوة المغناطيسية



1 – 5 العزم المؤثر على ملف بمر بة تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي

عندما ينساب تيار كهربائي مقداره I في سلك طولـــه L موضـــوع فـــي مجـــال مغناطيسي

منتظم كثافة فيضهB. فان السلك يتأثر بقوة مغناطيسية عمودية على المستوي الذي يحتوي I و B وبينهما زاوية حادة مقدارها θ.

$$F = q_o V_d X B \sin\theta = q_o x (L / t)x B \sin\theta$$
$$F = I x L x B \sin\theta$$

وتبلغ هذه القوة مقدارها الأعظم عندما يكون المجال المغناطيسي عمودي على السلك.

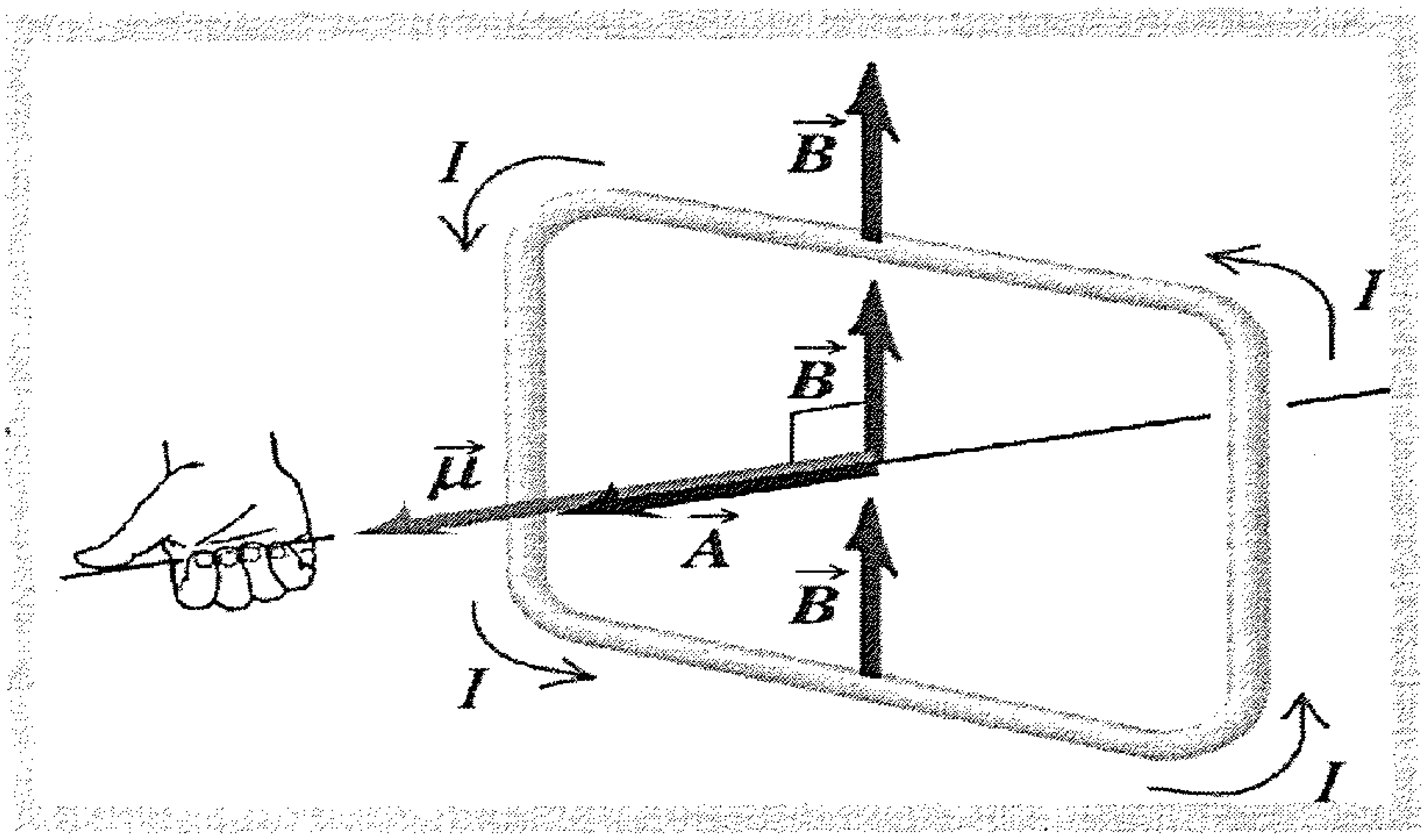
(θ =90) إذن

$$F = I \times L \times B$$

ويحدد اتجاه هذه القوة بتطبيق قاعدة الكف اليمنى حيث ان الأصابع تـــدور مـــن I نحو الفيض بزاوية θ فان اتجاه الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية (F).

وفي حالة وجود ملف بشكل مستطيل مستواه يوازي خطوط المجال المغناطيسي و يمر فيه تيـــار كهربائي يتولد مجـــالاً مغنطيسيًا آخر. ويتـــأثر الملـــف بقـــوتين متساويتين في المقدار متعاكستين في الاتجاه وتكونان متوازيتين شـــكل (1 – 9). ومقدار كل منهما $F = I \times L \times B$ والمسافة العمودية بينهما تـــساوي عـــرض الملف يتأثر الملف بعزم ازدواج يعمل على دورانه حول محوره.

شكل (1 – 9). **انسياب تيار كهربائي في الملف**



عزم المزدوج = احد القوتين x البعد العمودي بينهما

$$\tau = B \times I \times L \times S$$

حيث ان L و S طول وعرض اللفة ,وحاصل ضبهما = مساحة الملـــف A. وإذ كان عدد لفات الملف N فان العزم الكلي يساوي:

$$\tau = B\, I\, L\, A N$$

ويسمى المقدار ANI عزم ثنائي القطب وهي كمية متجهة واتجاهها عمودي على المساحة.وإذ كان الملف عموديا على خطوط الفيض فان عزم المزدوج = صفر . وإذ كان مستوى الملف مائلا على خطوط الفيض فان عزم المزدوج

$$\tau = B\ I\ L\ AN \sin\theta$$

حيث ان الزاوية المحصورة بين العمود على مستوى الملف وخطوط الفيض المغناطيسي

1 – 6 الحث الكهرومغناطيسي.

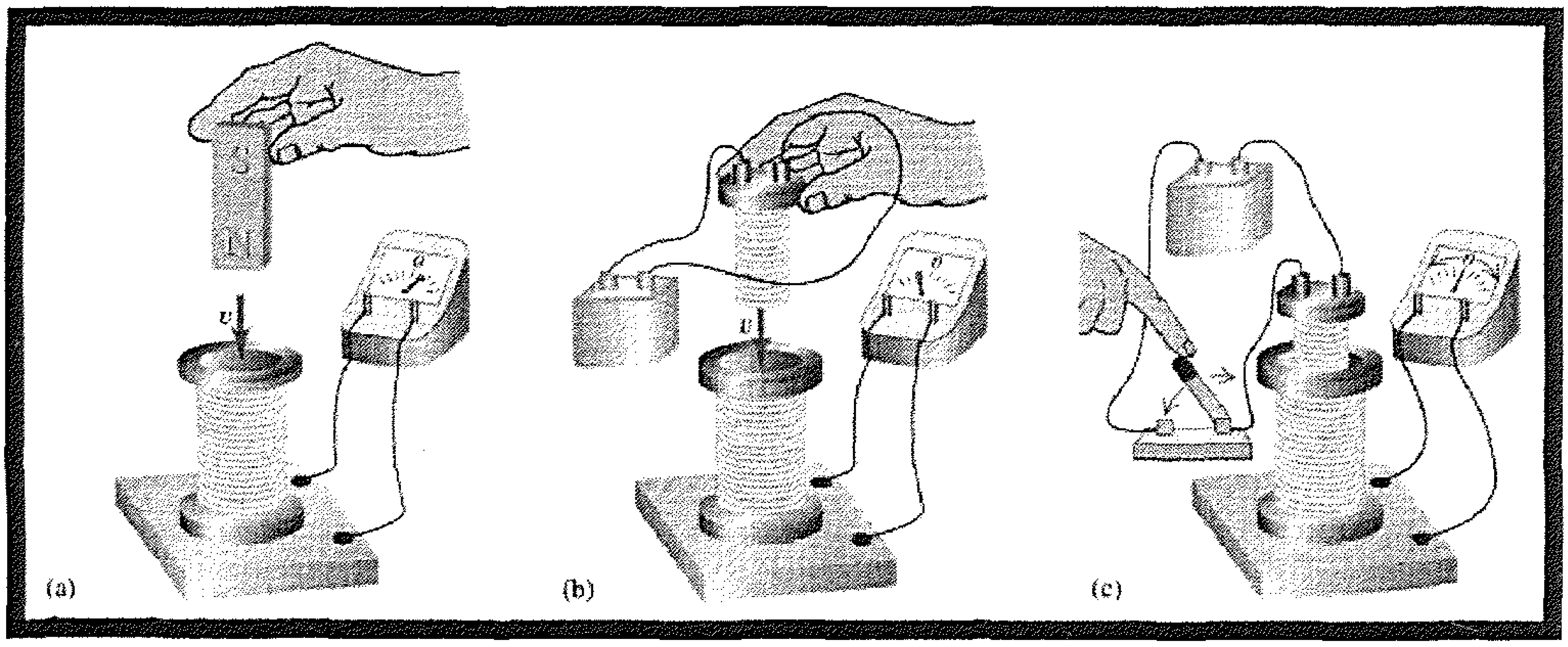
من الفصل السابق عرفنا بان مرور تيار في وصل يؤدي الى توليد مجال مغناطيسي ، ولان لكل ظاهرة في الحياة ظاهرة مضادة لها (علم الأضداد) فلابد من تولد تيار في موصل موضوع في مجال مغناطيسي وهذا ما فكر فيه العالم فرداي واستمر في تجاربه على هذه الظاهرة عشرون عاما حتى نجح في الحصول على تيار في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي وبفضل هذا الاكتشاف تم تصنيع المولدات والمحركات .من التجارب العملية التي توضح الحث الكهرومغناطيسي (تجارب فرداي) ما يلي :

1 – نأخذ سلك مستقيم أو ملف يتصل بجلفانوميتر صفره في الوسط، ونحركه بين قطبي مغناطيس نلاحظ انحراف مؤشر الجلفانوميتر باتجاهين متعاكسين مما يدل على تولد ق.د.ك.محتثة وتيار محتث ينساب في الجلفانوميتر.

2 – يمكن الحصول على تيار محتث باستخدام ملف ابتدائي وملف ثانوي فيتحرك الملف الابتدائي المتصل به الجلفانوميتر بالنسبة إلى الملف ألثانوي الذي ر يحمل تيار مستمر يتكون حوله مجال مغناطيسي أي داخل جوف الملف.

3 – إذا تحرك مغناطيس داخل أو خارج ملف مكون من دائرة مغلقة يتولد في الملف تيار محتث تأثيري لحظي عكسي عند تقريب المغناطيس من الملف وطردي عند إخراج أو إبعاده المغناطيس من الملف .شكل (1 – 10)

شكل (1 – 10) تجارب فرداي في الحث الكهرومغناطيسي تجارب فرداي



من شروط الحصول على تيار محتث تأثيري : وجود مجال مغناطيسي ، وجود سلك يكون دائرة مغلقة , الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي مما سبق نستنتج أنه عندما يتغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه موصل في زمن معين بسبب الحركة بين الموصل والمجال المغناطيسي تتولد في الموصل قوة دافعة كهربائية تأثيرية.ويتوقف اتجاه القوة الدافعة التأثيرية على اتجاه حركة الموصل تولدت emf ق.د.ك.المحتثة (اكتشاف فرداي)إذا تغير الفيض المغناطيسي

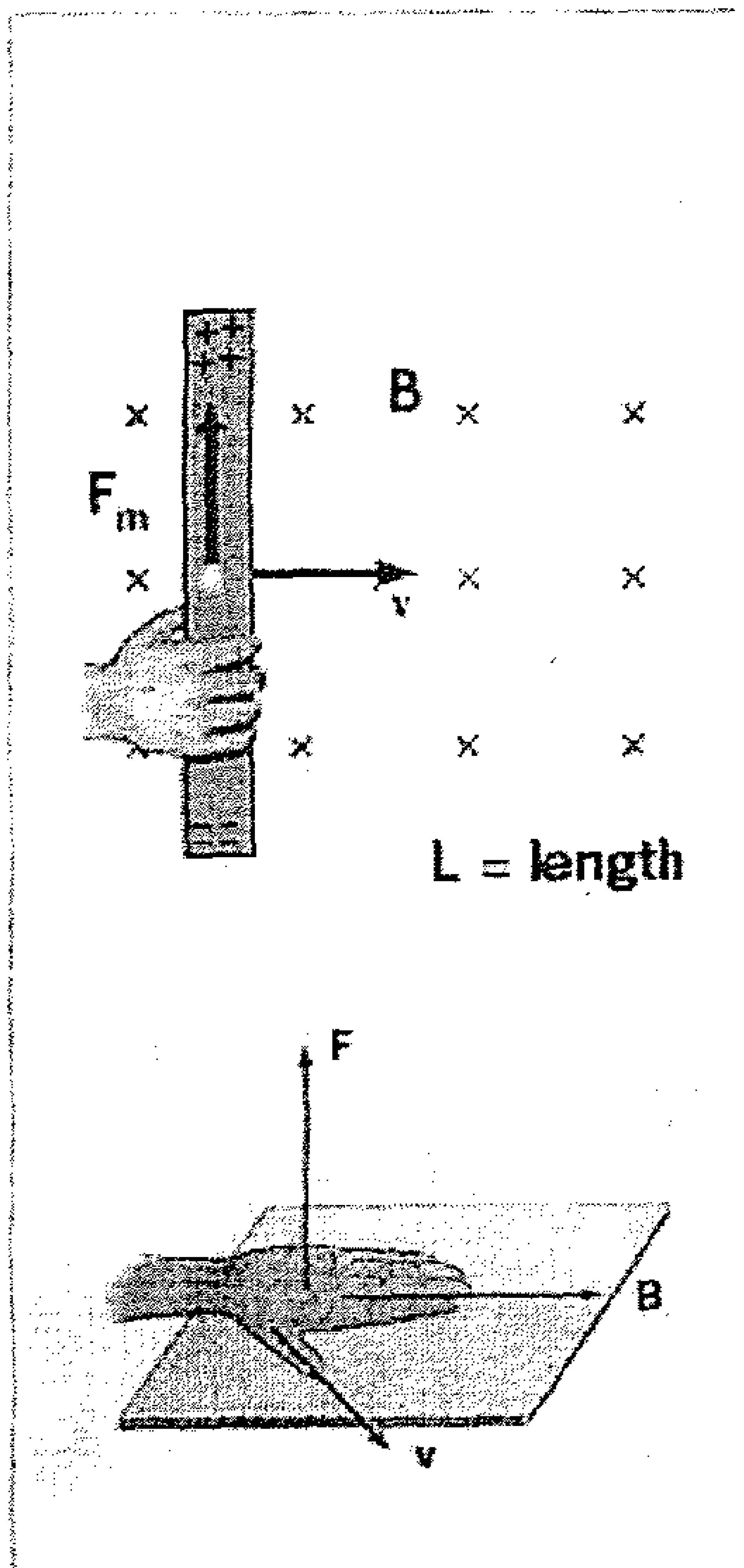
خلال دائرة كهربائية لسبب او لآخر. تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة وتيار محتث في الدائرة يكونان باتجاه معين إذا كان الفيض في حالة نمو وباتجـــاه معـــاكس إذا كان الفيض في حالة تلاشي.ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي هي ظاهرة تولد قـــوة دافعة كهربية محتثة (تأثيرية) وتيار محتث تأثيري في موصـــل بتـــأثير المجـــال المغناطيسي .

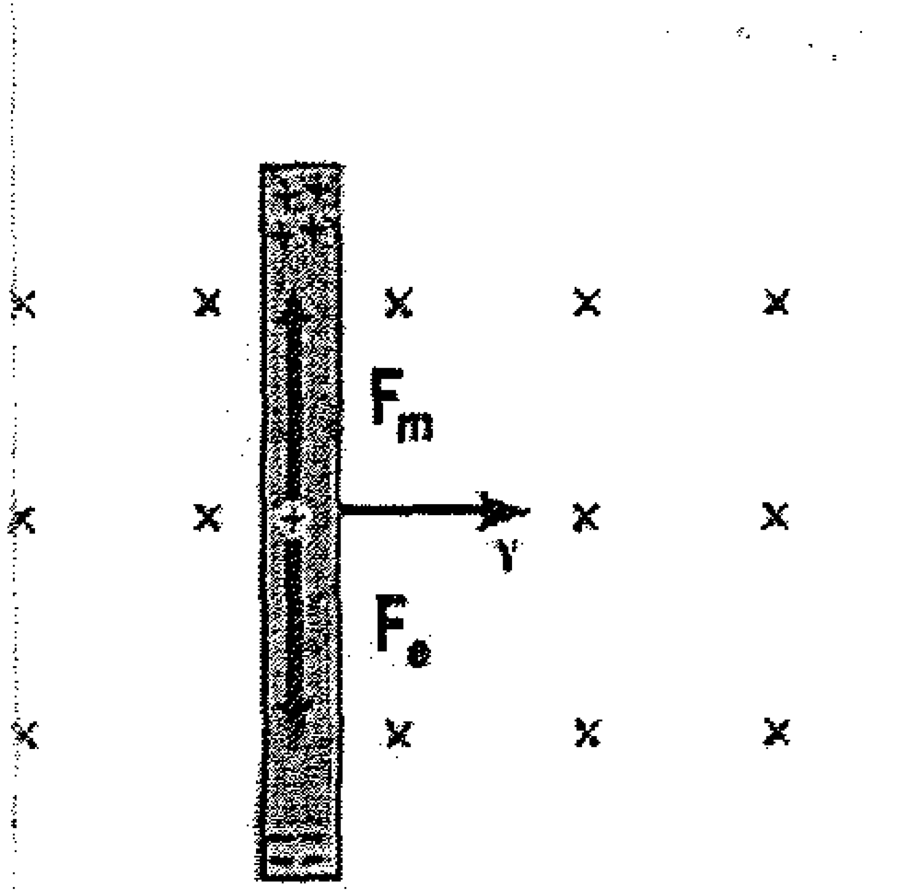
إيجاد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (e .m .f)

1- - قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (e .m .f) في سلك مستقيم:.

عند تحريك ساق معدنية طولها L نحو اليمين بانطلاق مقداره (V) عموديا على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) تتولد قوة لورنز على الشحنات الموجبة في الساق وتزيحها نحو احد الطرفين ويصبح موجب الشحنة والطرف الأخر سالب الشحنة .شكل (1 – 11) .

شكل (1 – 11) تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في سلك مستقيم





Charges at ends of rod exert electrostatic force on any charge q in rod.

At equilibrium,

$F_e = F_m$ (1)

$qE = F_m$ (2)

$qE = qvB$ (3)

$E = vB$ (4)

Recall,

$E = \Delta V / \Delta s$ (5)

$\Delta V = E \Delta s$ (6)

$= vBL$ (7)

(induced emf)

$\Delta V = vBL$

يتولد على طرفي الساق نتيجة للشغل الذي تنجزه قوة لورنز عند حركة الشحنة من الطرف احد الطرفين الى الطرف ألأخر قوة دافعة كهربائية محتثة وهي اكبر فرق جهد بين طرفي الساق .

الشغل الذي تنجز قوة لورنز هو (قوة لورنز× طول الساق):

$$W = L \times F$$

ولأن الساق يتحرك عموديا على الفيض فان الزاوية $\theta = 90^\circ$ فان قوة لورنز هي:

$$F = q_o \, v \, B$$

ولكن اكبر فرق جهد والذي يساوي القوة الدافعة الكهربائية المحتثة

=الشغل/الشحنة

$$e.m.f = W / q_0$$

$$= (L \times F) / q_o$$

$$= (L \, q_o \, v \, B) / q_o$$

إذن

$$e.m.f = B \times V \times L$$

أما إذا تحرك الساق بانطلاق صانعا زاوية قياسها θ مع كثافة الفيض المغناطيسي (B) تصبح المعادلة

$$e.m.f = B \times V \times L \sin\theta$$

2 ـ قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف (قانون فرداي).

من خلال تجارب **فرداي** يمكن استخلاص ما يلي:

أ – بسبب الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي تتولد في الموصل قوة دافعة كهربائية تأثيرية في الموصل.ويتوقف اتجاه القوة الدافعة التأثيرية على اتجاه حركة الموصل.

ب – متوسط القوة الدافعة الكهربائية المحتثة التأثيرية في الموصل تتناسب تناسبا طرديا مع المعدل الزمني للتغير في خطوط الفيض $\Delta\phi$.

$$emf \quad \alpha \quad \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

ج – متوسط القوة الدافعة الكهربائية المحتثة التأثيرية في الموصل تتناسب تناسبا طرديا مع عدد لفات الملف n التي تقطع خطوط الفيض. ومن العلاقتين السابقتين يمكن استنتاج العلاقة التالية:

$e.m.f = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ وهو ما يعرف بقانون **فرداي**.

او يمكن اشتقاق بقانون **فرداي** من قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في سلك مستقيم

V x L يمثل المساحة التي يمسحها الساق المتحرك في الثانية الواحدة ويساوي (Δ A/ Δ t) في مجال مغناطيسي.

وكذلك $B = \frac{\Delta\phi}{\Delta A}$ وبالتعويض عن القانون العام للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة لسلك

$$e.m.f = B \times V \times L$$

نحصل على $e.m.f = \frac{\Delta\phi}{\Delta V} x \frac{LS}{\Delta t}$

ولكن $A = S \times L$

$$e.m.f = \frac{\Delta\phi}{\Delta A} x \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$e.m.f = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ لكل لفة وفي عدد لفات مقدارها (n)

فان:

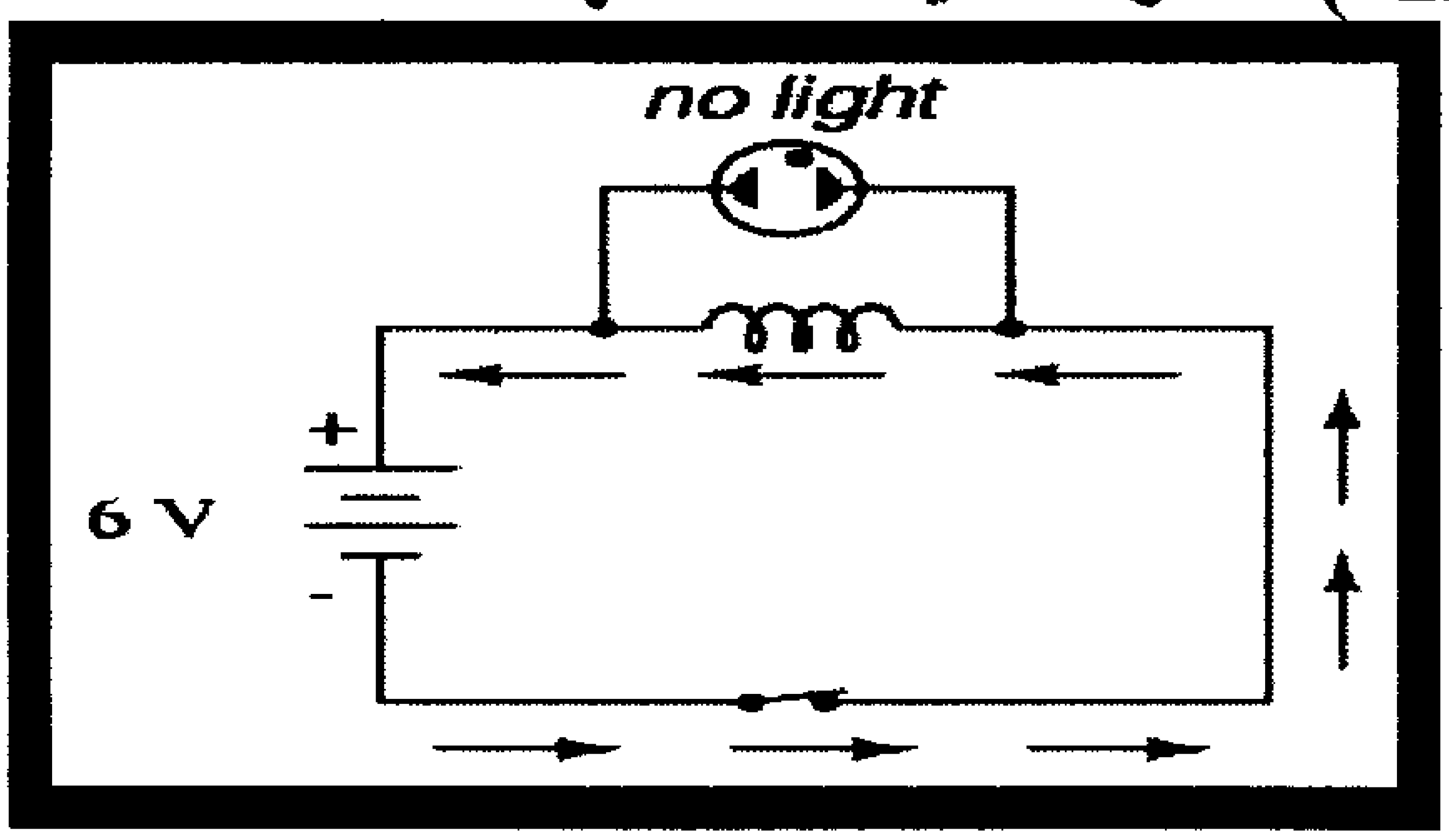
$$e.m.f = -n\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

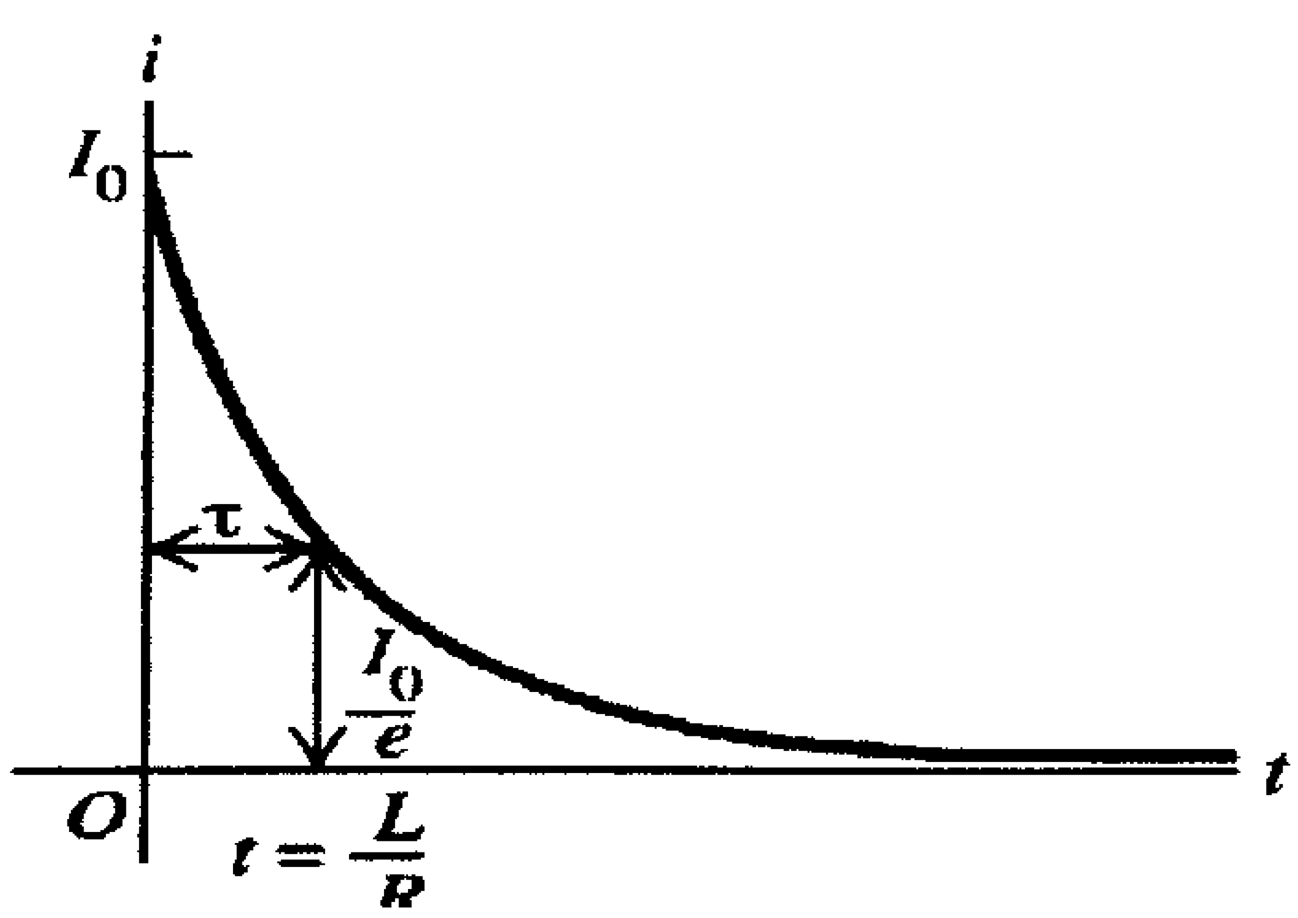
وتسمى الكمية ($n\Delta\phi$) وشيجة الفيض المغناطيسي والإشارة السالبة تدل على ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة باتجاه يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي الـــذي ولده حسب قانون لنز.

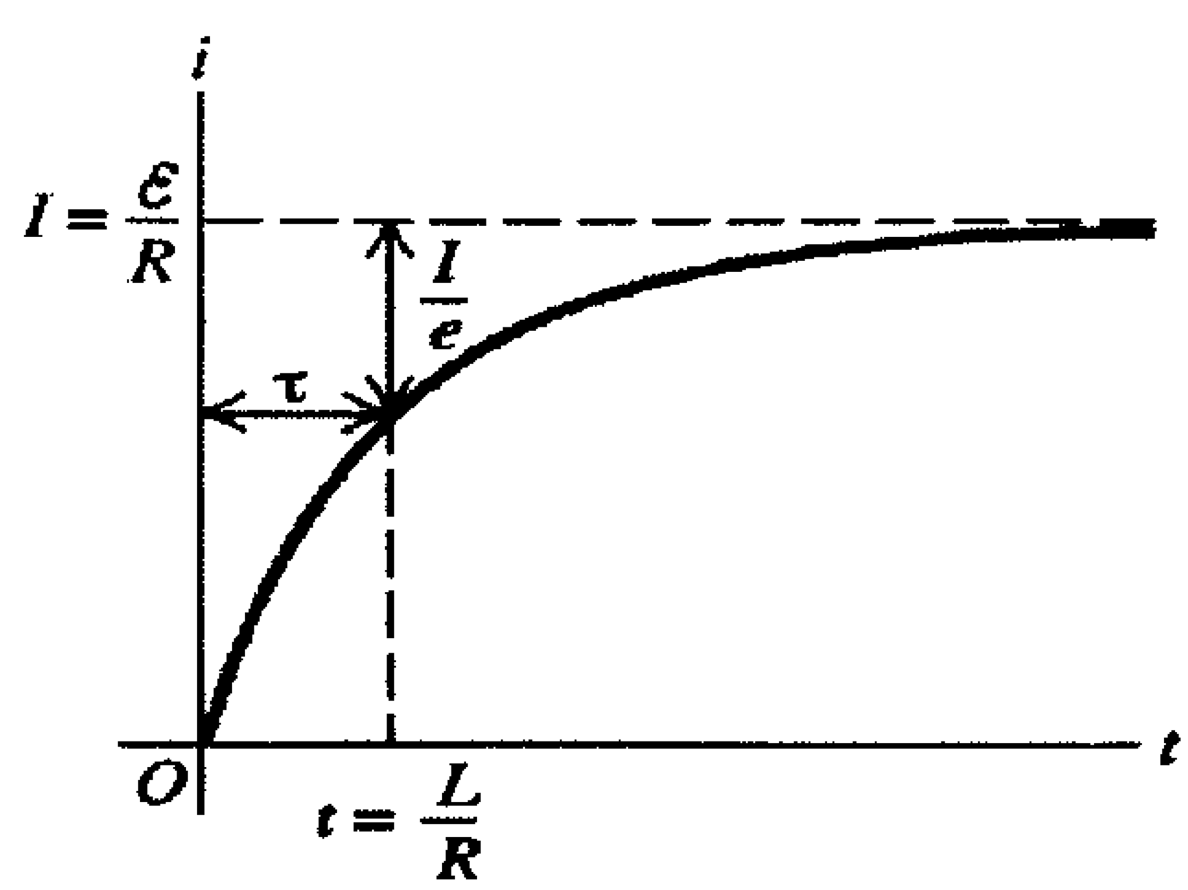
3- الحث الذاتي Self Inductance

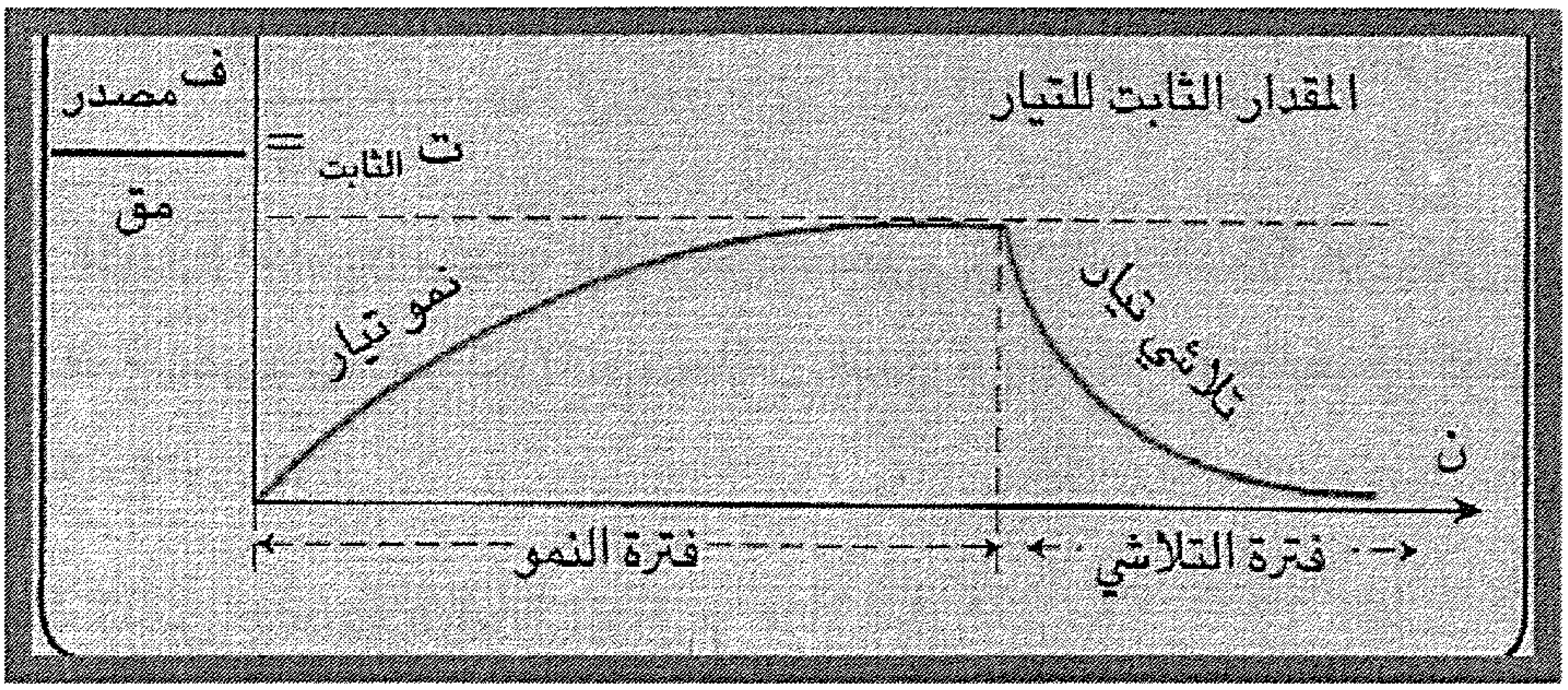
تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة عندما يتغير الفيض المغناطيسي خلال دائـــرة كهربائية مغلقة مع الزمن، فعند غلق أو فتح الدائرة الكهربية يتولد التيار ويـــسمى ذلك الحث الذاتي Self-Inductance. ويمكن إجراء تجربة توضح ذلك بتكـــوين دائرة كهربية تسمى الدائرة الحثية الشكل (1 – 12 أ و ب)

الشكل (1 – 12 أ) الدائرة الحثية عند غلقها



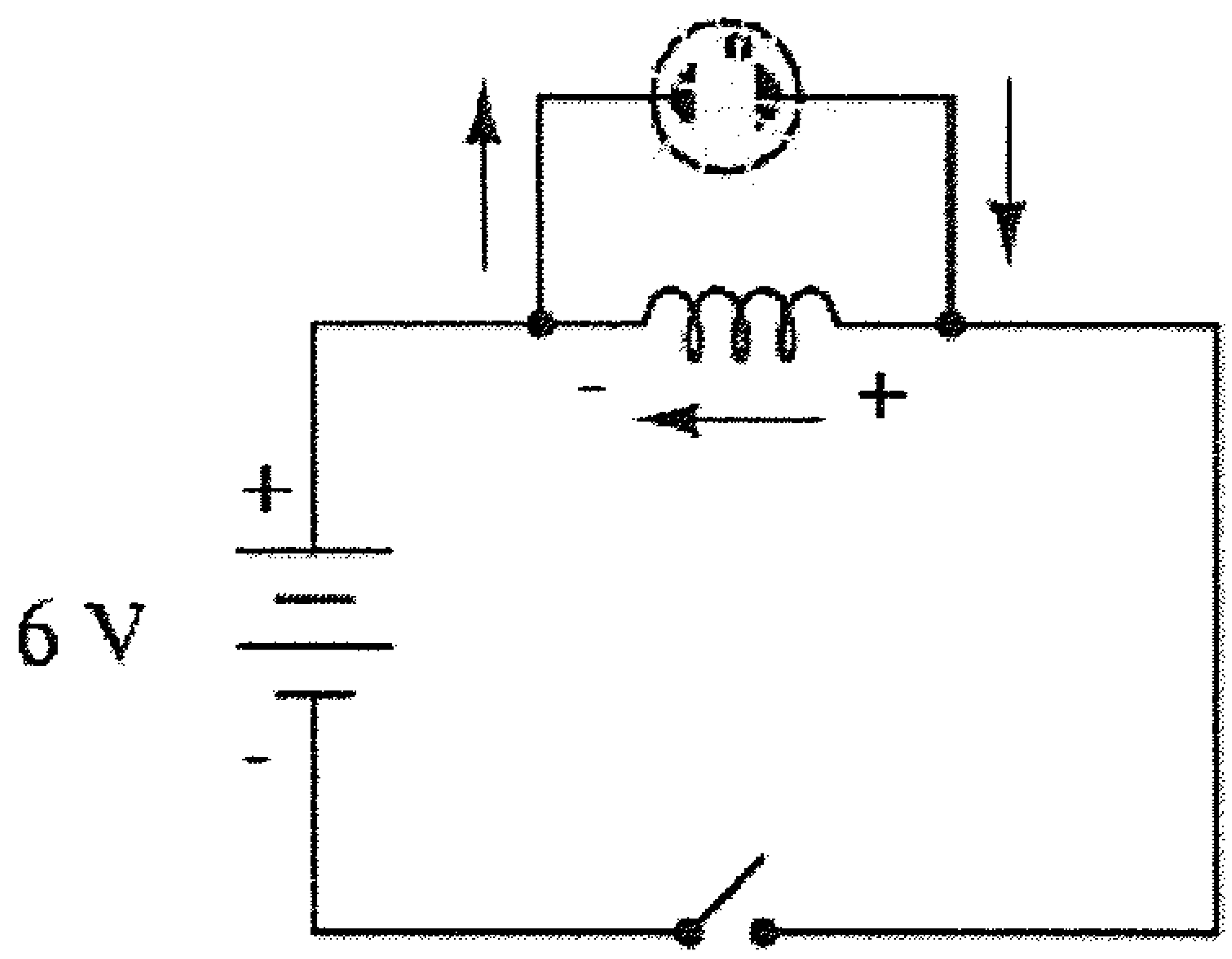






الشكل (1 – 12 ب) الدائرة الحثية عند فتحها

Light!



تتكون من ملف ومصباح ومقاومة ومفتاح ونضيدة مربوطة جميعا على التـــوالي فعند:

أ–غلق الدائرة ينمو التيار بالتدريج ويزداد حتى يصل إلى قيمته الثابتة وإثناء النمو تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف تعـــاكس الفولطيـــة الموضـــوعة وتعرقل نمو التيار .ويكون المعدل الزمني لتغير التيـــار $\Delta \mathbf{I} / \Delta \mathbf{t}$ فـــي قيمتهـــا الصغرى وكذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة فلا يتوهج المصباح.

ب–فتح الدائرة تتولد قوة دافعة كهربائية المحتثة ذات قطبيـــة مـــشابهة للفولطيـــة الموضوعة على الدائرة وتكزن كبيرة خلال فترة تلاشي التيار ويكـــون المعـــدل الزمني لتغير التيار $\Delta I / \Delta t$ في قيمتها العظمى وكذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة فيتوهج المصباح.

فائدة المقاومة في الدائرة الحثية هو تجنب تلف الملف بالتيار الكبير عندما يـــصل التيار الى مقداره الثابت وكذلك تكون المقاومة ضرورية في حالـــة عـــدم ثبـــوت المقاومة الكهربائية للدائرة عند إغلاق الدائرة أو لحظة فتحها إذ تتولد مقاومة كبيرة عند فتح المفتاح نتيجة لظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتـــاح ويكـــون المعـــدل الزمني لتغير التيار كبير جدا وبذلك يكون زمن التلاشي قليل جدا كما في الـــشكل المجاوريكون زمن التلاشي أسرع من زمن التنامي في الدائرة الحثية وذلـــك لأن تلاشي التيار يؤدي إلى حصول فجوة هوائية ذات مقاومة كبيرة جدا فيتلاشى التيار بسرعة وتتولد ق.د.ك.محتثة كبيرة لكبر المعدل الزمني لتغير التيار فيندفع التيـــار المتلاشي المحتث بسرعة في الأجهزة. ويؤدي إلى تلفها.وهو نفس السبب في حالة السؤال الأجهزة الكهربائية التي تكون عرضة للعطل عند انقطاع التيـــار ونفـــس السبب في حالة حصول شرارة كهربائية بين جزئي المفتاح عند فتح الدائرة.

يعرف الحث الذاتي بأنة عملية تولد emf..محتثة في ملف طبقا لقـــانون الحـــث ونتيجة لتغير التيار في ذلك الملف والذي يسبب تغيرا في الفيض المغناطيسي. وان ق.د.ك.المحتثة المتولدة تعاكس السبب الذي ولده (قانون لنز) أي انها تعرقل نمـــو التيار في الملف.

$$N \phi \alpha \ I$$

$$N\phi = LI \Rightarrow N\Delta\phi = L\Delta I$$

$$-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ويسمى (L) معامل الحث الذاتي.ويعرف بأنة النسبة بين emf.محتثة في الملف إلى المعدل الزمني لتغير التيار المنساب في نفس الملف ويقاس بالهنري H.ويمكن تحويله بدلالة الوحدات الأساسية كما يلي :

H =Volt / Amp/ sec = Joule /Coul. Amp

= Newton .m .sec / (C.C / sec)

= Newton .m .sec^2 / C^2

= Kg x(m /sec) . sec . m / C

= Kg x m^2 / C^2

H =kg .m^2 /A^2. sec^2

3-الحث المتبادل Mutual Inductance

اذا وضع ملفان متجاورين احدهما قرب الأخر يمر في الملف الأول الذي عدد لفاته N_1تيّار كهربي قيمته I_1 يولد مجالا مغناطيسياً يؤثر على الملف الثاني وعدد لفاته N_2بفيض مغناطيسي Φ_2 وتتولد فيه emf وتيار حثي في الملف الثاني وقيمته I_2. تولد emf محتثة في الملف الثانوي نتيجة لتغير التيار في الملف الابتدائي تسمى هذه العملية بالحث المتبادل.شكل (1 – 13)

$$(emf)_2 = -M(\frac{\Delta I}{\Delta t})_1$$

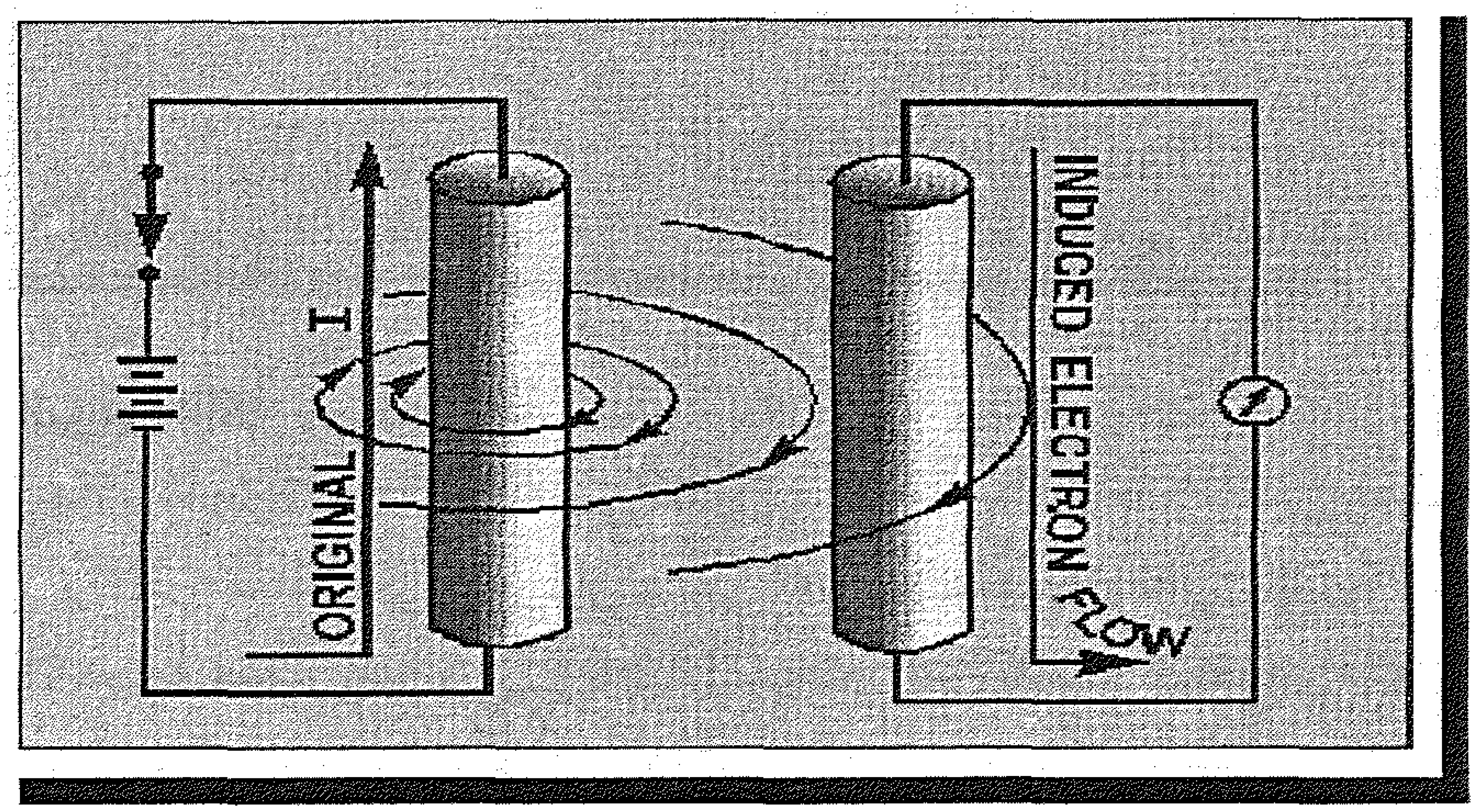
M معامل الحث المتبادل وتقاس بالهنري ويعتمد على:

1– ثوابت الملفين المتجاورين.

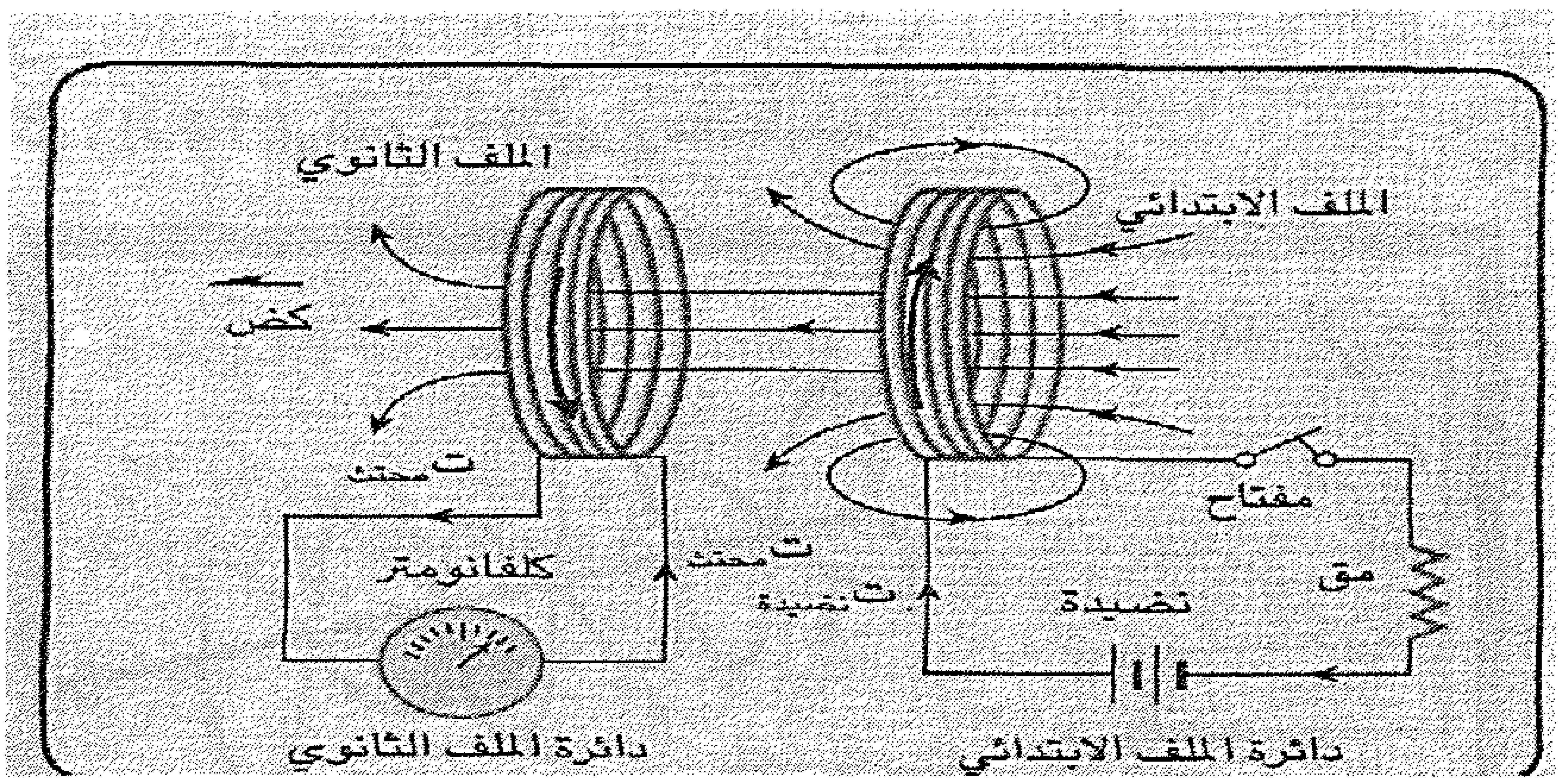
2-درجة التو اشج او الاقتران. يتوقف معامل الحث المتبادل على معامل الحـــث الذاتي للملف الابتدائي (L_1) و معامل الحث الذاتي للملف الثانوي (L_2) والعلاقة بينهما

$$M = \sqrt{L_1 L_2}.$$

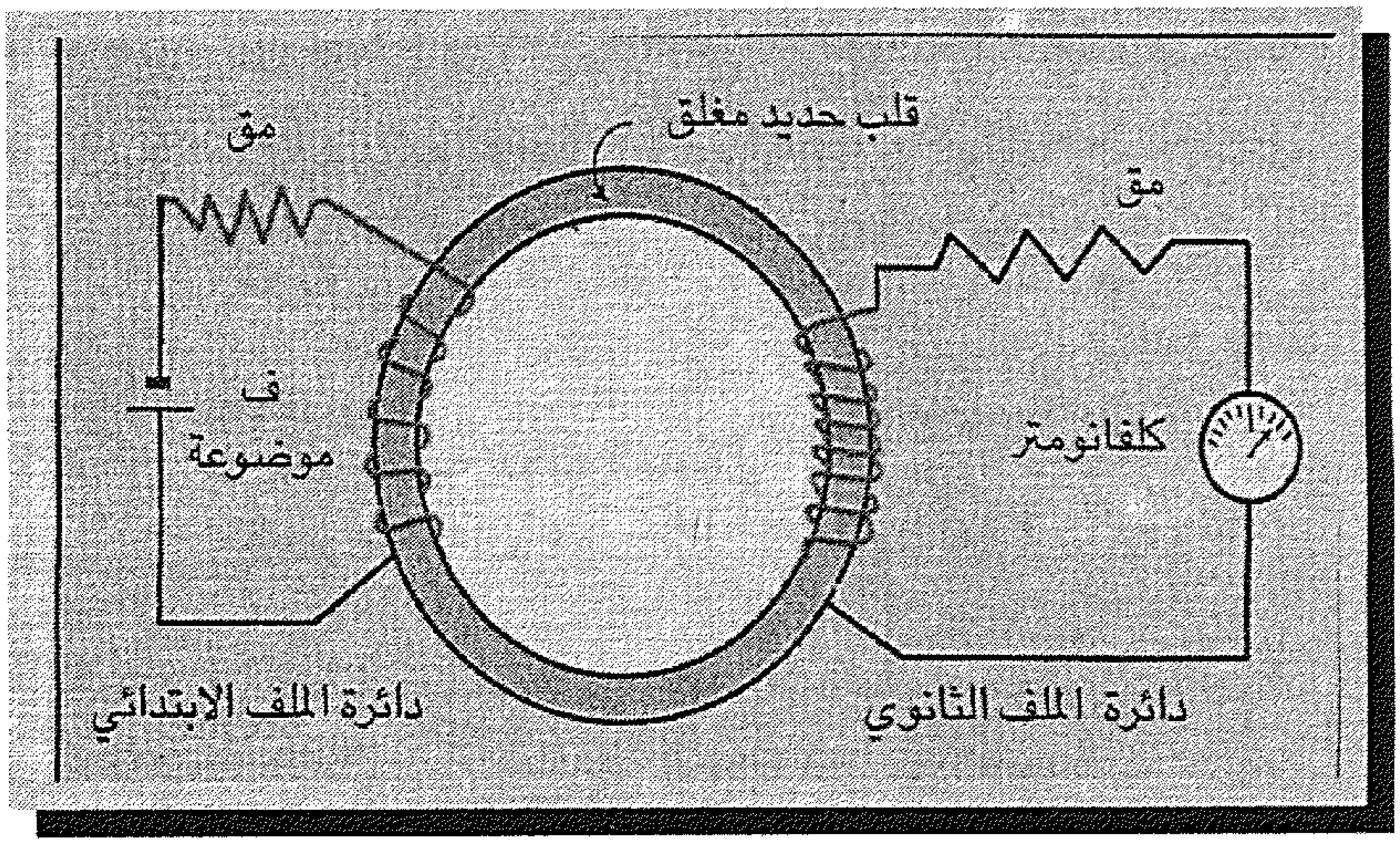
شكل (1 – 13) تجربة الحث المتبادل



التو اشج ضعيف



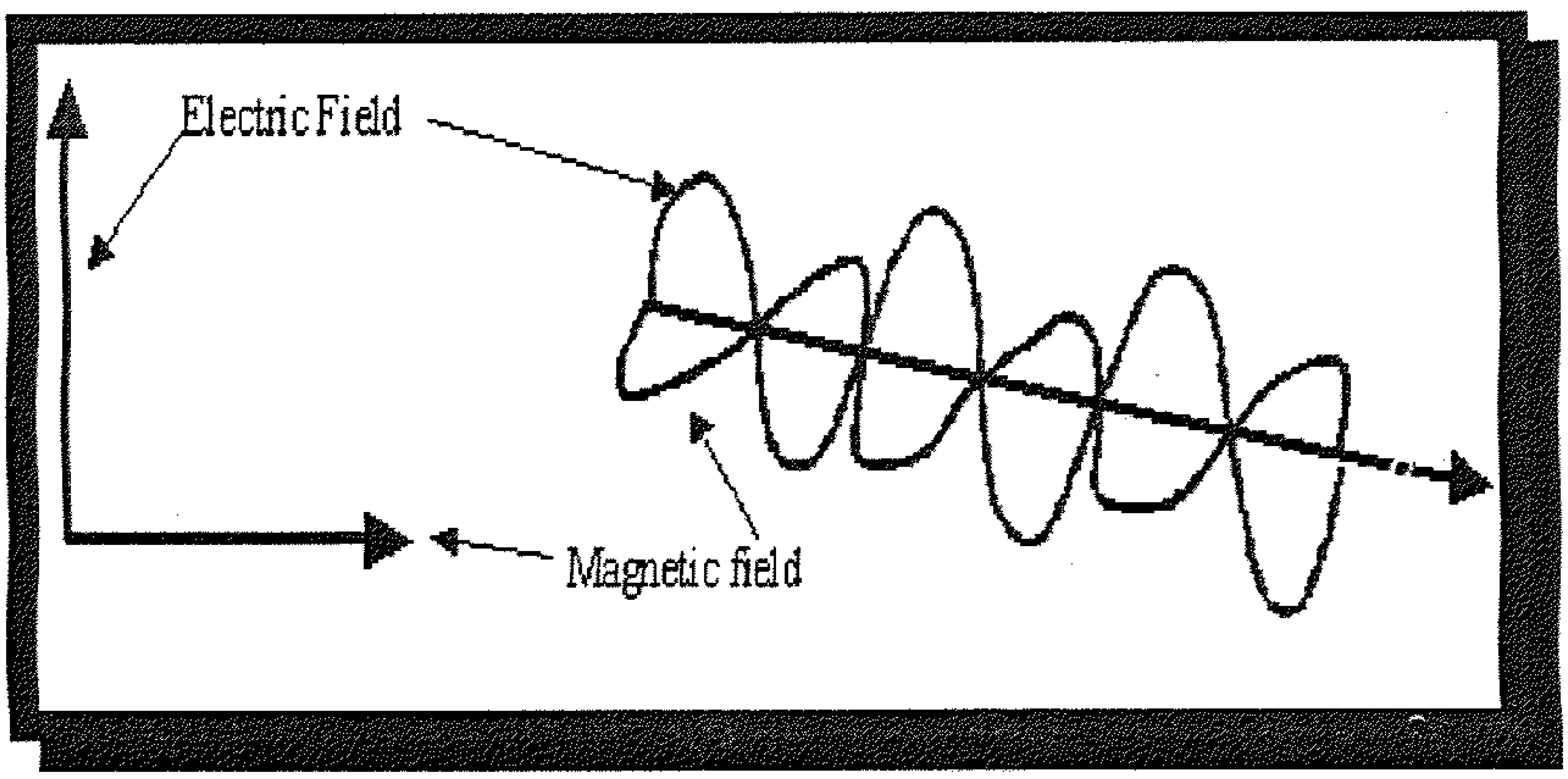
التواشج تام



1 – 7 الموجة االكهرومغناطيسية :

هي الموجات المهتزة بتردد υ التي تتكون من مجالين متعامدين احدهما كهربائي والآخر مغناطيسي يتحركان بنفس الطور وعموديان على انتشار الموجة فهي بذلك موجة مستعرضة شكل (1– 14).وتتولد من تذبذب الشحنات الكهربائية (الالكترونات) الحرة في الموصل وينتج عن ذلك تغيرات في المجالين الكهربائي والمغناطيسي بشكل حلقات مغلقة لخطوط القوى الكهربائية والمغناطيسية وبشكل مستويات متعامدة بعيدا عن ثنائي القطب الكهربائي.

شكل (1- 14). الموجة االكهرومغناطيسية



يتولد المجال المغناطيسي بالطرق التالية:

1-عند حركة شحنات كهربائية في موصل.

2-عند مرور تيار في موصل يتكون حول الموصل مجال مغناطيسي.

3-المجال الكهربائي المتغير يولد مجالا مغناطيسي. لأن المجال الكهربائي المتغير في الفضاء يولد تيارا يسمى تيار الإزاحة.

$$ت_{ز} = \frac{\Delta شم}{\Delta ن}$$

لذلك وجد ماكسويل:

1- لمجال الكهربائي المتغير في الفضاء يولد مجالا مغناطيسيا يكون عموديا عليه ومتفقا معه بالطور.

2- لمجال المغناطيسي المتغير في الفضاء يولد مجالا كهربائيا عموديا عليه ومتفقا معه بالطور.

خواص الموجات االكهرومغناطيسية :

1- تنتقل جميع الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء (3×10^{8} م/ ثا).

2- تتكون من مجالين متعامدين احدهما كهربائي والآخر مغناطيسي وعموديان على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بطور واحد. وهذه الموجات موجات مستعرضة.

3- تتوزع الطاقة بين المجالين بالتساوي.

4- للطاقة الكهرومغناطيسية مظاهر متعددة وذلك لاختلاف التردد أو الطول الموجي.

5- يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية عند اصطدامها بمادة وتحولها الى طاقة حراريه أو كهربائية.

يمكن تقسيم الأشعة الكهرومغناطيسية إلى نوعين هما:

الأول : الأشعة المؤينة radiation Ionizing وهي تلك الأشعة التي تكون طاقتها كافيي لانتزاع الذرات والجزيئات من الخلايا الحية، مثل أشعة جاما والأشعة السينية وهذا الأشعة تسبب إضرارا على الخلايا الحية.

الثاني :الأشعة غير المؤينه radiation Non-ionizing وهي أشعة معظمها لا تشكل خطر على الإنسان. ولكن بعضها تسبب ارتفاع درجة حرارة الجزء من الجسم الذي يتعرض لها. ومن هذه الأشعة الأمواج الراديوية والضوء المرئي وأمواج الميكروويف. وقد ثبت بان الأمواج الراديوية لها تأثير ضار على خلايا الإنسان، حيث أن لهذه الأشعة القدرة على تسخين الخلايا التي تتعرض لها بنفس فكرة أمواج الميكروويف التي تستخدم في الأفران لتسخين الأطعمة. وبالتالي فإن الضرر من هذه الأشعة يكمن في الأثر الحراري الذي تحدثه تلك الأشعة في الخلايا التي لا تستطيع تبديد الحرارة الزائدة بسهولة مثل الخلايا الموجودة في العين، حيث أن معدل تدفق الدم فيها قليل. هذا بالإضافة إلى التأثير على المدى الزمني البعيد . البحوث جارية حتى ألان لمعرفة الضرر الحقيقي للموجات الراديوية على جسم الإنسان.

من أهم مكونات الموجات الكهرومغناطيسية :

1-الموجات الراديوية: الموجات التي تتولد من حركة الشحنات الكهربائية في الموصل، ويمكن توليدها باستعمال المذبذب الكهربائي. (أطوالها من بضع سم إلى (3×10^{8} نانومتر).

وفائدتها: 1- في الاتصالات. 2- في المذياع والتلفاز. شكل (1- 15).

2-الموجات الدقيقة (المايكروية): وهي موجات ذات طول موجي قصير جدا. من 10^5 الى3×10^8 نانومتر. ويستخدم:

أ-في الاتصالات. ب- في الرادار. ت- في أفران الموجات الدقيقة.

ويمكن توليدها بواسطة أجهزة الكترونية خاصة.

3-الأشعة تحت الحمراء: وهي موجات كهرومغناطيسية تتولد من الأجسام والجزيئات الساخنة وعند امتصاصها من قبل الأجسام تظهر بشكل حرارة لأن هذه الطاقة تهيج ذرات المادة وتعمل على زيادة الحركة الاهتزازية وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة. تستطيع بعض الحيوانات رؤية الأطوال الموجية العالية للضوء مثل النحل . ومن التطبيقات:

أ-استخدامها في العلاج الطبي.

ب-في التصوير الليلي.

ت- في دراسة التركيب البلوري للمواد.

ث- في تصويب القذائف وتوجيهها.

4-الضوء المرئي: هو الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن رؤيته ويتراوح طوله ألموجي بين 380 نانوميتر - 780 نانوميتر (الأحمر). (يتولد من إعادة ترتيب الالكترونات في الذرات والجزيئات).

5-الأشعة فوق البنفسجية: أشعة غير مرئية ذات تردد عالي تستخدم:

أ-في التعقيم وقتل الجراثيم.

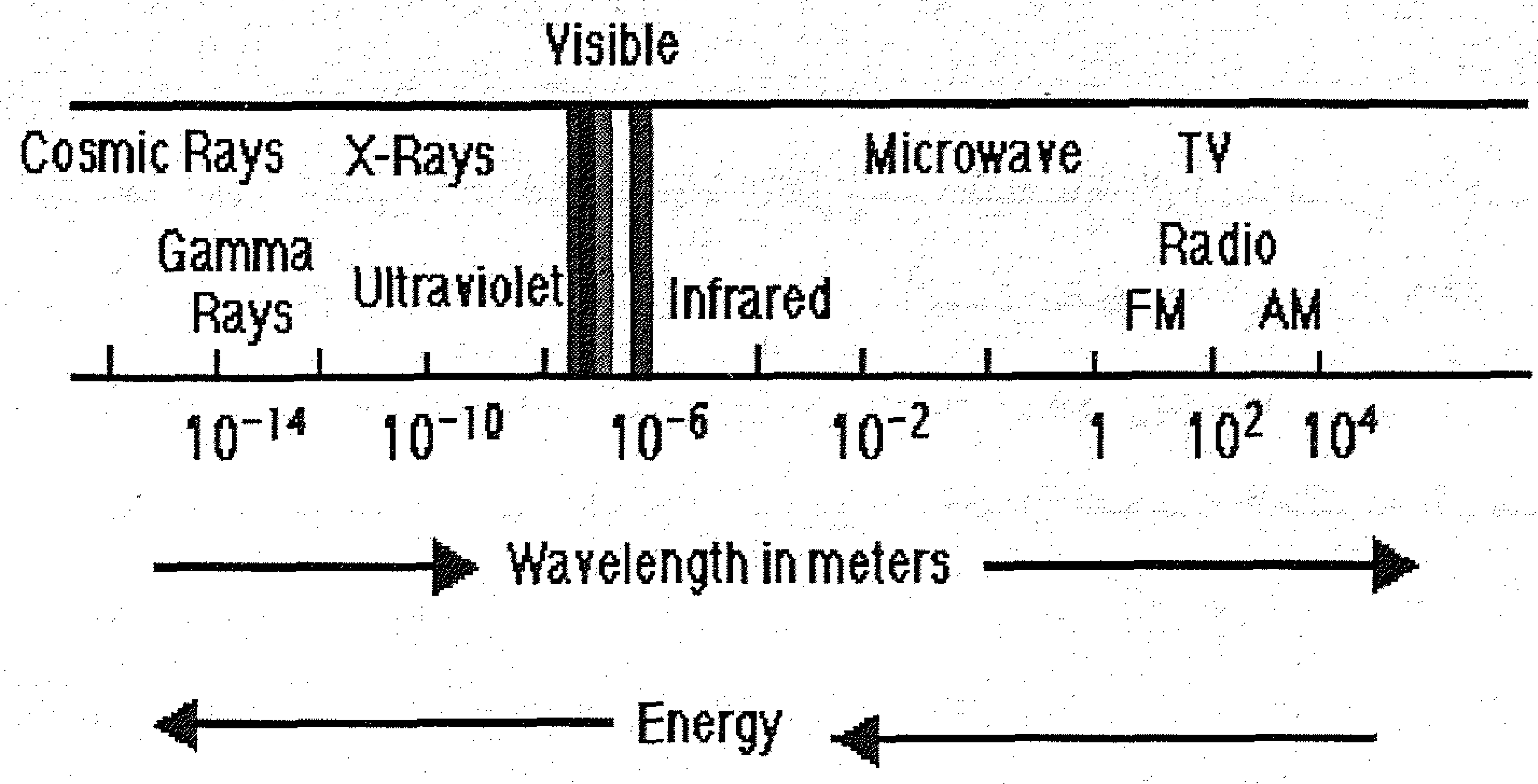
ب-تفلور بعض المواد التي تسقط عليها.

ت-تستخدم في كشف النصوص الممسوحة وتجعلها مرئية.

ث-لا تخترق الزجاج ولكنها تخترق بعض المواد مثل الكوارتز.

المدى من 380 نانوميتر إلى 10 نانوميتر.

شكل (1 – 15) الطيف الكهرومغناطيسي



6-أشعة جاما: وهو يختلف عن باقي الموجات لأنها تنبعث من نـــوى العناصـــر المشعة مثل السيزيوم- 137 والكوبالت - 60. وطاقتها عالية لذلك فإنها تختـــرق الأجسام وتشكل خطرا على الإنسان وتتم الحماية باستعمال مواد ذات امتـــصاص عالي مثل طبقات الرصاص السميكة. تتكون الموجات االكهرومغناطيـــسية مـــن مجالين متعامدين هما المجال الكهربائي والأخر المجـــال المغناطيـــسي حيـــث أن المجالات الكهربية ترتبط بوجود الشحنة الكهربائية فقط ،إما المجالات المغناطيسية فهي نتيجة الحركة المادية للشحنة الكهربائيـــة (التيـــار الكهربـــائي). المجـــال كهربائي ، **E** , يؤثر بقوة على الشحنة الكهربائية ، ويعبر عنـــه بـــالفولط/ متـــر .(V/m)

وكذلك فان المجال المغناطيسي يمكن أن يؤثر بقوة على الشحنة الكهربائية ، ولكن فقط عندما تكون هذه الشحنة في حالة حركة. المجالات الكهربائية والمغنطيـــسية كميات متجهة لها مقدار ولها اتجاه. المجال المغناطيسي يمكن أن يحدد بطـــريقتين

هما الفيض المغنطيسي **B**, , والـذي يقـاس بالتـسلا (T) ، أو شـدة المجـال المغناطيسي **H** ، والذي يقاس بأمبير/ متر. ويمكن التعبير عن هذه الكميات:

$$B = \mu H$$

حيث **μ** هو ثابت التناسب (النفاذية المغناطيسية) في الفراغ، والهواء ، وكذلك في المواد غير المغناطيسية (البايولوجية). قيمة الثابتμ = (10^{-7} x π 4)عندما يقاس بالهنري/ متر (H/ m).ولإغراض الوقاية من الإشعاعات غير المؤينه يوصـف المجال المغناطيسي بواحدة من الكميتين **B** أو **H** فقط . في المنطقة الواسعة من المجال ، فان نموذج الموجة المستوية هو التقريـب الأفـضل لمـسار الموجـة الكهرومغناطيسية .من أهم خصائص الموجة المستوية هي :

- جبهات موجة مستوية .
- **الكميتين B و H** كميات متجهة واتجاهه انتقالهما متعامدين .
- **الكميتين B و H** لهما نفس الطور، والنسبة بين ارتفاعي E/H نـسبة ثابتة في الفضاء الحر والتي تساوي 377 اوم، والتي تمثل خواص ممانعة (impedance) الفضاء الحر .
- كثافة القدرة **S**, , أي القدرة لوحدة المساحة العمودية على اتجاه الانتقال ،والتي ترتبط بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية بالتعبير :

$$S = EH = E^2 /377 = 377H^2$$

الوضع في حالة المنطقة المجال ألقريب تكون أكثـر تعقيـدا لأن القيمـة الـدنيا والقصوى لكل من المجالين **B** و**H** لا تحصل في نفس النقطة على طول اتجـاه انتشار الموجة كما يحدث في المجال البعيد. في المجال القريـب يكـون المجـال ألكهرمغنطيسي غير متجانسا. وقد تكون هناك تباينات كبيرة في ممانعة الموجـة المستوية عن المقدار 377 اوم . إي أن هناك مناطق يكون فيها مجال كهربـائي فقط وفي أخرى مجال مغناطيسي فقط .التعرض في المجال القريب من الـصعب تحديده ، وذلك لأن كلا من المجالين القريب من الصعب تحديده لأن كـلا مـن

المجالين يجب قياسهما ، ولأن شكل المجال أكثر تعقيد في هذه الحالة ، فـلا تعـد كثافة الطاقة كمية مناسبة للاستخدام والتعبير عن حدود التعرض (كما في المجـال البعيد). التعرض الناتج عن الموجات المتغيرة بمرور الزمن يؤدي إلـى تولـد تيارات داخل الجسم وترسب الموجات الكهرومغناطيسية طاقتها في الأنسجة التي تعتمد على آليات الاقتران وتواتر حصوله. المجال الكهربائي الداخلي وكثافة التيار تخضع لقانون أوم :

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

حيث σ هي الموصلية الكهربائية للوسط.

قياس كميات الجرعات التي سوف تستخدم وتأخذ بنظر الاعتبار ،مدى التـرددات المختلفة ومديات شكل الموجة ،وعلى النحو التالي :

- كثافة التيار **J** ، في نطاق تردد يصل إلى 10 (MHz) ميجاهرتز
- التيار I ، في نطاق تردد تصل إلى 110(MHz) ميجاهرتز ؛

الفصل الثانى

الأدلـــة الإرشاديـــة

2 – 1 التطور التاريخي لمعايير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية

من المعروف أن المجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض والشدة الكافية يمكن أن ينتج عنها تحفيز كهربائي للعضلات والأنسجة العصبية (مثل الصعقة الكهربائية). الخلايا العصبية هي الأكثر حساسية للتحفيز الكهربائي في مدى التردد دون 1000 هرتز وخطرها ينخفض بسرعة كبيرة كلما ازداد تردد المجال الكهربائي المتذبذب .

اكتشف العالمة الفرنسية (Arsonval انرسنفال في الفيزياء الحيوية) عام 1890 بان الموجات الراديوية ذات التردد أكثر من 10000 هرتز، وتيار كهربائي 3 أمبير يمكن استخدامها لتسخين الجلد دون التسبب بتحفيز الأعصاب ولكن يتولد الم بسبب انكماش العضلات عند الترددات الواطئة لخطوط القدرة.

في العقود الأولى من القرن العشرين استطاع فيرجسون 1984 ؛ مومفورد 1961) من استخدام الترددات 0.05 ميجاهرتز و 10 ميجاهرتز في العلاج الطبي وسمي بالموجات الطويلة للعلاج الحراري ، لكن في وقت لاحق حظر استخدام هذه الطريقة بسبب مشاكل تداخل الموجات الراديوية.

في عام 1890، ابتكر ماركوني وطور أول نظم للاتصالات الراديوية وفي العقود التي تلت ذلك ازداد تطور معدات توليد ترددات القدرة و مجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة .

في عام 1928 اثبت أن الموجات الراديوية ذات الترددات العالية قادرة على تدفئة الأعضاء الداخلية للجسم البشري لذلك استخدمت على نطاق واسع خلال الثلاثينيات من القرن الماضي المعدات المتقدمة في العلاج الطبي بتقانة النفوذ الحراري(diathermy) والذي سمي العلاج العميق للحرارة . العلاج الطبي بتقانة النفوذ الحراري بالموجات القصيرة لا تتطلب التماس المباشر مع الجلد على عكس العلاج بالنفوذ الحراري بالموجات الطويلة .

قبل استخدام الرادار خلال الحرب العالمية الثانية فان العاملون لا يعلمون بان معدات الموجات الراديوية كان لها تأثيرات على الإنسان إلا إذا كانت في مكان

قريب جدا من أجهزة الإرسال أو موصلات الطاقة للترددات الراديوية. بعد فتـــرة وجيزة من الحرب العالمية الثانية كانت هناك بعض التحقيقات في وقت مبكر عن الآثار الصحية الضارة المحتملة. في وقت مبكر من الخمسينيات كانت هناك أدلـــة كافية لاستنتاج بأن هناك آثار ضارة ترتبط بـــالتعرض لموجـــات الميكروويـــف لمستويات أعلى من حوالي $100\ mW/cm^2$ ،وان الآلية الرئيسية للإصابة تتعلـــق بالتسخين (التدفئة) الناتجة عن امتصاص طاقة الميكروويف في مختلف الأنـــسجة داخل الجسم.

في عام 1953 اعتمدت البحرية الأمريكية أقصى حد من التعرض المستمر مقداره $10\ mW/cm^2$ لجميع الترددات الراديوية والموجات الميكروويية المستخدمة. فـــي عام 1966 نشر المعهد الوطني الأمريكي للمعايير الطبعة الأولى للمعايير والتـــي حدد فيها كذلك المقدار $10\ mW/cm^2$ كحد أقصى لتعرض الإنـــسان لتـــرددات تتراوح بين 10 ميجاهرتز إلى 100 جيجا هرتز.

المعايير ألمبكرة للتعرض ليست كافية لأنها فشلت في حساب الجوانب الفيزياويـــة لتفاعل الموجات االكهرومغناطيسية مع الجسم. يتوقف امتصاص طاقة التـــرددات الراديوية على الشكل الهندسي للجسم نسبة إلى اتجاه المجالات المطبقـــة وكـــذلك على الخصائص الكهربائية للأنسجة الماصة .

الجسم أو أجزاء منه يمكن أن يعمل كهوائي مثبت على مدى محدد من التـــرددات الراديوية، وعلاوة على ذلك فان اعتماد التردد على الرنين يـــؤدي إلـــى معـــدل امتصاص كبير للطاقة. الامتصاص الموقعي لطاقة الترددات الراديوية يمكـــن أن تحدث في حدود معينة من التردد، و قد طبق هذا المحدد على مستوى التعـــرض للمجال البعيد للموجة على جميع حالات التعرض. ولكن هذه الـــشروط لا يمكـــن تطبيقها في كثير من حالات التعرض قرب المعدات المشعة للموجات الراديوية.

بحلول أواخر الستينيات كان واضحا من التجارب الحيوانية وجود تأثيرات حيوية من الترددات الراديوية والموجات المايكروية علـــى الحيوانـــات الـــصغيرة عنـــد

تعريضها لموجة مستمرة أو نبضية من الترددات الراديوية وعلى مستويات أقـل بكثير من حدود زمن القدرة 10 mW/cm^2. كما لاحظ وجود تأثير في حجـوم صغيرة في عينات من الأنسجة. مثل هذه التأثيرات يبدو بأنها أكثر بروزا عنـدما تتعرض حيوانات الاختبار إلى مجالات نبضية أو مضمنة كبيرة ، حيث أن ذروة الشدة تكون معتدلة أو مرتفعة ، ولكن مستويات معدل الزمن يمكن أن تكون متدنية نسبيا. في السبعينيات تركز البحث على جوانب قياس الجرعة في المدى الذي فيه وجد بان التعرض غير المتجانس يمكن أن يؤثر على امتصاص النظم البايولوجية للإشعاع الراديوي . في وقت مبكر من السبعينيات ، أجريت دراسات مكثفة لقياس الجرع التي قام بها مختلف الباحثين في الولايات المتحدة الأمريكية .

ولكن البيانات الكبيرة لمعظم التأثيرات الحيوية للترددات الراديوية تعتريها الشكوك التي تنبع من عدم فهم مقياس الجرع للترددات الراديوية. المعرفة الـسابقة عـن ترسب طاقة الترددات الراديوية في داخل الجسم تعتمد اعتمادا كبيرا على البيانات المحدودة التي تحتوي على العديد من الافتراضات الجوهرية والتي تبسط بـشكل كبير الطريقة التي يمتص الجسم البشري إشعاع الترددات الراديوية. ولكـن بعـد استخدام الحواسيب ذات القدرة العالية والتكنولوجيات الأخـرى (مثـل كـاميرات التصوير الحراري ذات الحساسية العالية) ، حصل تقدم كبير في مجـال قيـاس جرعات ألترددات الراديوية. وحتى اليوم ، فقياس الجرع لا يـزال واحـدا مـن أصعب المشاكل الكبيرة والتي يجب معالجتها من قبل الباحثين لمحاولة تفسير اثأر التعرض للترددات الراديوية ، واستقراء البيانات البايولوجية لتعـرض الإنـسان. وهذا صحيح بغض النظر عما إذا كانت البيانات البايولوجية الأوليـة التـي تـم الحصول عليها إما من التجارب المختبرية خارج الجسم الحي أو مـن دراسـات التعرض الحيوانية.لحد ألان لا يوجد معيار واحد معتمـد دوليـا لتحديـد حـدود التعرض للموجات الراديوية. ومع ذلك ، فإن الاتحاد الأوروبي أوصـى باعتمـاد الادله االارشادية للجنة الدولية للوقاية من الإشـعاع غيـر المـؤين (ICNIRP)

وتبعتها العديد من البلدان مثل نيوزيلندا ، والحكومة الاسترالية إلا أن المعايير الاسترالية مختلفة عن المعايير الدولية إلا في الحالات التي يكون فيها ما يبرر النفع الكبير للمجتمع الأسترالي. وسبب الاختلاف يعود إلى جانب محدد من القضايا المرتبطة بتحسين المواصفات الفنية ، أو أن معايير ICNIRP غير كاملة.

كما أن الادله االارشادية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين أوصت بها منظمة الصحة العالمية لان قواعد وإرشادات الجنة تقتضي الأمانة العلمية لذلك فان جميع أعضاء الهيئة من الخبراء المحايدين الذين لا ينتمون إلى منظمات تجارية أو صناعية.

الغرض من هذا المعيار هو تحديد حدود التعرض للموجات الكهرومغناطيسية ضمن الترددات التي تتراوح بين أكثر من 3 هرتز إلى 300 جيجاهرتز جدول (2 – 1) .

جدول (2 - 1) المدى الترددي للموجات الراديوية

نوع الموجة الراديوية	الاستخدام	المدى الترددي MHz
FM VHF	المذياع	108--88
TV3	البث الإذاعي الرقمي	223 – 174
TV4&5	التردد فوق العالي بث التلفزيون UHF	830 - 470
GSMtx	GSM الهواتف الجوالة(900 MHz)	915 - 890
GSMrx	GSM المحطات الإرضيه (900 MHz)	960 - 935
DCStx	GSM الهواتف الجوالة (1800MHz)	1785 - 1710
DCSrx	GSM المحطات الارضيه(1800MHz)	1880 - 1805
UMTStx	3G الهواتف الجوالة	1980 -1920
UMTSrx	3G المحطات الارضيه	2170 - 2110

حيث أن الأشخاص المعرضين دون المحددات الموضوعة سيكونون في حماية تامة من الآثار الضارة على الصحة.

الآثار الضارة على الصحة تنتج عن اكتشاف الاعتلال في الحالة الصحية للفـــرد المتعرض أو ذريته.

الادله العلمية الحالية تدل بوضوح على أن هناك عتبة للآثار الضارة على الصحة من التعرض للترددات الراديوية منها التدفئة ، التحفيز الكهربائي ، والتأثيرات على السمع. المحددات الأساسية لهذه المعايير ، مستمدة من هذه العتبات وتشمل علـــى هوامش للسلامة.

هناك نقاش كثير حول حصول الآثار الصحية الضارة للترددات الراديويـــة دون عتبة التعرض القادرة على التسبب في التدفئة ، والتحفيز الكهربائي ، وعلى وجه الخصوص ما إذا كان أي تأثير يحدث عند أو أقل من حدود مستويات التعــرض. وخاصة عند حدوث أي تأثيرات عند المستويات الواطئة من الترددات الراديوية ، وأنها غير قادرة على الكشف عنها بدقة بواسطة الأساليب العلمية الحديثة. بيانـــات التعرض على المدى الطويل محدودة ، وقد وجــد بـــأن الادلـــه عـــن تـــأثيرات المستويات المنخفضه المحتملة ضعيفة وغير مستقرة ، وأنه لا يقدم سببا لتغيير مستوى حدود التعرض . الحدود المبينة في هذه المعايير والتي ترمي إلى الوقاية من الآثار الصحية المعروفة قد لا تمنع أي مـــن التـــأثيرات المحتملـــة أو غيـــر المعروفة لمستويات التأثيرات المنخفضه ، على الرغم مـــن أن هـــامش الامـــان للمحددات يمكن أن يوفر بعض الحماية ضد هذه مستويات التأثيرات المنخفضه.

وعلاوة على ذلك ، فان المستويات المرجعية المثبتة في هذه المعايير تستند علـــى افتراض مفهوم "أسوأ حالات التعرض " وخاصة فيما يتعلق بشروط التعرض التي تؤدي إلى التعرض على مستوى المحددات الأساسية. في معظم حالات التعرض لا ينطبق مفهوم شروط "أسوأ حالات التعرض" ، وبالتالي فان تطبيـــق المـــستويات المرجعية ستوفر هوامش إضافية للسلامة.

هذه المعيار تحدد الحدود التعرض المهني وحدود تعــرض الجمهــور. ويحــدث التعرض المهني بشكل عام في منطقة السيطرة حيث أن الأشـــخاص المعرضـــين على علم بتعرضهم للمخاطر.
من جهة أخرى فان الجمهور قد لا يكون على بينة من وجود أي مستوى للتعرض من الترددات الراديوية. ويشمل الجمهور جميع الناس من مختلف الفئات العمريـــة وبحالات صحية مختلفة. أما بعض المخاطر الأخـــرى مثـــل التعـــرض للمـــواد الكيميائية أو الإشعاع المؤين فهناك فئات من الجمهور تكون أكثر عرضة للآثار الصحية من غيرها. في حين أن الادله العلمية لا تشير إلى أن أي الفئـــات أكثـــر عرضة لتأثيرات ألترددات الراديوية من غيرها في مستويات أقـــل مـــن حـــدود التعرض المهني ، وهذا الاحتمال لا يمكن استبعاده.
بالرغم من ذلك فان فهناك احتمال الاختلاف في تعرض بعض الفئـــات العمريـــة بالموجات الراديوية دون غيرهم وذلك نتيجة النقاش الجاري ألان حـــول الآثـــار الصحية المحتملة الناجمة عن استخدام أجهزة الهاتف الجوال ، فقد قيل إن الأطفال قد يكونون أكثر عرضة من الكبار بسبب عملية النمو والتطور في الجهاز العصبي وزيادة امتصاص الطاقة في أنسجة الرأس. ومع ذلك فان الادله غير كافية لإثبات صحة هذه الفرضية لأجهزة الهاتف الجوال .
المحددات الأساسية لمقدار ذروة معدل الامتصاص النوعي SAR تنطبـــق علـــى جميع الأفراد من مختلف الأحجام بما في ذلك الأطفال. وأظهرت بعض البحـــوث بان ترددات الهاتف الجوال تمتص من قبل الإفراد ولا يوجد فرق جوهري فـــي امتصاص الطاقة الراديوية بين رأس الكبـــار أو رأس الأطفـــال الـــذين تتـــراوح أعمارهم بين 3 و 7 سنوات. على الرغم من ذلك ، فان المحددات الأساسية فـــي هذه المعايير يأخذ بعين الاعتبار الاختلاف في الحجم وخصائص النـــسيج لجميـــع الأفراد بما فيهم أطفال.

أشارت بعض البحوث عام (1996) إلى أن البالغين يمتصون من الطاقة نحو 10 ٪ أكثر مما يمتصه طفل يبلغ من العمر خمس سنوات. من الناحية النظرية ، رأس الكبار ينبغي ان يمتصص قدر أكبر من القدرة مما يمتصه رأس الطفل بسبب كبر حجم رأس البالغ. استخدام النماذج في الحاسب وضح بأن أعلى ذروة لمستويات ألمقدار SAR

يحتمل أن تحصل في الأنسجة العضلية للبالغين ، ولكن الذروة المكانية للأطفال يحتمل أن تحصل داخل المخ. بيد أن هذه النتائج قد فندت من قبل الباحث شونبورن وزملاءه (1998) ,Schönborn الذين أجرو دراسات تشريحية باستخدام أشباح (فانتوم) لرأس الأطفال والكبار ولم يجدا اختلافات كبيرة في أي من إجمالي الامتصاص أو التوزيع المكاني لذروة SAR. كذلك بحثت مجموعة Schönborn مسألة احتمال الخلافات العمرية المتعلقة في الخصائص العازلية للأنسجة البشرية. وخلصوا بأنة من غير المرجح أن يوجد فرق كبير في خصائص امتصاص أنسجة البالغين والأطفال فوق سن سنة واحدة. بالرغم من أهمية الخصائص الفردية مثل اختلاف الشكل الهندسي للرأس وسمكة و الخصائص العازلية لمختلف أنواع الأنسجة ، فإنه من الواضح أن التوزيع المكاني للمقدار SAR يعتمد بشدة على قرب واتجاه الهاتف الجوال عن الجسم. وفي الختام ، يعتمد التوزيع الدقيق للطاقة على العديد من العوامل منها طريقة عملها والمدى الترددي المعتمد في البلد.

إن اختيار مستويين مستقلين احدهما لحدود التعرض المهني والأخر للجمهور يوفر أفضل حماية من التعرض .

2 – 2 آلية التو اشج أو الاقتران بين المجالات والجسم

هناك ثلاث آليات أساسية للاقتران الذي من خلاله يحصل تفاعل مباشرة بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية المتغيرة مع الزمن والمادة الحية للجسم:

- الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات الكهربائية .
- الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات المغناطيسية
- امتصاص الطاقة من المجالات الكهرومغناطيسية .

1 – الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات الكهربائية

تفاعل المجالات الكهربائية المتغيرة بمرور الزمن في جسم الإنسان يؤدي إلى تدفق الشحنات الكهربائية (التيار الكهربائي) والذي يؤدي إلى استقطاب الشحنات المقيدة (تشكيل ثنائيات الأقطاب الكهربائية) ، وإعادة تدوير ثنائيات الأقطاب الكهربائية الموجودة بالفعل في الأنسجة. القيمة النسبية للتأثيرات المختلفة من هذه الآثار تعتمد على الخصائص الكهربائية للجسم وهو الايصالية الكهربائية (التحكم في تدفق التيار الكهربائي) والنفوذية (التحكم في تأثير الاستقطاب). الايصالية الكهربائية والنفوذية الكهربائية تعتمد على نوع أنسجة الجسم ،والتردد المطبق. يؤدي المجال الكهربائي خارج الجسم إلى حث شحنات على سطح الجسم ،والتي تؤدي إلى توليد تيارات المستحثة في الجسم ، يتوقف توزيعها على ظروف التعرض ، وعلى حجم وشكل الجسم ، وعلى موضع الجسم في المجال .

2 – الاقتران بالترددات المنخفضه للمجالات المغناطيسية

التفاعل المادي بين المجالات المغناطيسية المتغيرة مع الزمن و الجسم البشري يؤدي إلى حث مجالات كهربائية و تيارات دوامة Eddy current. مقدار المجال المستحث ، و كثافة التيار تتناسب مع نصف قطر الحلقة ، الايصالية الكهربائية للأنسجة ، ومعدل التغير في كثافة الفيض المغناطيسي. عند مقدار وتردد معين للمجال المغناطيسي ، يتولد أعظم مجال كهربائي مستحث عند الحلقة ذات القطر الأكبر. المسار الدقيق ومقدار التيار المستحث في أي جزء من الجسم يعتمد على الموصلية الكهربائية للأنسجة،الجسم غير متجانس كهربائيا ، إلا أن كثافة التيار المستحث يمكن حسابها باستخدام نماذج تشريحية وكهربائية واقعية للجسم والطرق الحسابية ، والتي لها درجة عالية من الدقة . قياسات التيارات المستحثة ليست

ضرورية للترددات اقل من 450 كيلو هرتز للعاملين و اقل من 200 كيلو هرتز للجمهور ، أو إذا كانت شدة المجال منخفضه (16 ٪ عند التردد27 ميجاهرتز).

المجالات المغناطيسية الساكنة يمكن أن تتفاعل مع الكائنات الحية بآليات مختلفة من خلال عملية الحث المغناطيسي ، والجسيمات المشحونة التي تتحرك في المجال المغناطيسي يمكن أن تولد مجال كهربائي و تيار كهربائي صغير يسري في الدم. كذلك يمكن أن يحصل الحث عند حركة الكائن في المجال المغناطيسي الساكن وفقا للقانون فراداي وبذلك تتولد تيارات كهربائية صغيرة في الجسم.

التأثيرات الميكانيكية المغناطيسية Magneto mechanical هو إلية أخرى ، يمكن أن تحصل في الجزيئات والتراكيب الكبيرة ، والتي تتجه باتجاه المجال المغناطيسي الساكن (على غرار عمل البوصلة). الآثار البايولوجية لهذا النوع من التفاعل (على الأقل في البشر) يمكن اهمالة ، إذ أن عدد المواد المغناطيسية الطبيعية الموجودة في الجسم قليلة للغاية.

النوع الثالث من التأثير يتصل بالتفاعلات بين الجزيئات. المجال المغناطيسي الساكن يمكن أن يحدث تأثيرا على بعض النواتج الوسيطة للتفاعلات الكيميائية وبذلك يتغير معدل هذه التفاعلات.كما يحصل عند تشكيل الجذور الحرة radicals كمنتجات وسيطة ، لقد وجد بأن التأثير يمكن اكتشافه حتى عند مجال مغناطيسي ساكن شدته 10 ملي تسلا. إلا أن الآثار البيولوجية لم يتم اكتشافها في مثل هذه المجال ذات الشدة المنخفضه.

3 – امتصاص الطاقة من المجالات االكهرومغناطيسية

يؤدي التعرض للترددات المنخفضه الكهربائية والمغناطيسية عادة لامتصاص قليل للطاقة لا يمكن قياسه لذلك فان ارتفاع درجة الحرارة في الجسم لا يمكن قياسه كذلك. ومع ذلك ،فان التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية بترددات اكبر من100 كيلو هرتز يمكن أن يؤدي إلى امتصاص كبير للطاقة وزيادة في درجات الحرارة. بشكل عام ، التعرض لمجال كهرومغناطيسي منتظم (موجة مستوية)

في حالة الترسيب غير متجانس فان توزيع الطاقة داخل الجسم ، يجب تقييمها عن طريق قياس وحساب الجرعة.

وفيما يتعلق بامتصاص الطاقة من قبل الجسم البشري فان المجالات الكهرومغناطيسية يمكن تقسيمها إلى أربعة مديات :

1 – الترددات من حوالي 100 كيلو هرتز إلى أقل من 20 ميجاهرتز ، والتي يقل فيها الامتصاص في الجذع مع التردد ، و قد يحصل امتصاص كبير في الرقبة و الساقين.

2 – في الترددات التي تتراوح بين 20 ميجاهرتز إلى 300 ميجاهرتز ، يحصل عندها امتصاص عالي نسبيا للجسم كله ، ولمقدار أعلى في الرأس.

3 – في ترددات التي تتراوح بين نحو 300 ميجاهرتز إلى عدة جيجا هرتز ، يحدث عنده امتصاص غير منتظم ؛

4 – في الترددات اكبر من 10 جيجاهيرتز ، والتي يحدث فيها امتصاص للطاقة على سطح الجسم في البداية. تتناسب الطاقة النوعية الممتصة في الأنسجة SAR طرديا مع مربع شدة المجال الكهربائي الداخلي. توزيع الطاقة النوعية الممتصة ومعدلها يمكن قياسه أو تخمينه من القياسات المختبرية والتي تعتمد على العوامل التالية:

1- عوامل المجال الساقط ، مثل التردد ، الشدة ، الاستقطاب ، وترتيب المصدر– الجسم (المجال القريب أو البعيدة) ؛حيث أن المجال البعيد Far Field هو الحيز الذي تكون عنده المسافة عن الهوائي تتجاوز الطول ألموجي للمجال الكهرومغناطيسي. في هذه المنطقة يكون المجال المغناطيسي متلاشي ولا يمكن قياسه بشكل واضح بينما يكون قياس المجال الكهربائي مناسبا.أما Near Field المجال القريب هو الحيز الذي تكون عنده المسافة عن الهوائي قريبة وتساوي

$$D^2/4\lambda$$

حيث أن:

D هي اكبر أبعاد للهوائي

λ الطول الموجي للمجال

2- تأثير الأرض وتأثيرات الأجسام العاكسة أو التأثيرات الأخرى بالقرب من الجسم المتعرض.

3- خصائص الجسم المعرض ، أي ،الحجم والشكل الداخلي والخارجي و الخصائص العازلة لمختلف الأنسجة.

عندما يكون المحور الطويل للجسم البشري موازيا لمتجه المجال الكهربائي ، وعند شروط التعرض لموجة مستوية (أي التعرض للمجال البعيد) ، فان الطاقة النوعية الممتصة لكامل الجسم تصل قيمتها إلى الحد الأقصى. تعتمد كمية الطاقة الممتصة على عدد من العوامل ، أهمها حجم الجسم المتعرض وتأريضه. فعندما يكون الجسم غير مورضا فان التردد الرنيني للامتصاص قريبا من 70 ميجاهرتز. يكون لامتصاص الرنيني للفرد الطويل قليلا ،أما للأفراد القصار البالغين ، الأطفال الرضع ، والأفراد الجالسين فان التردد الرنيني للامتصاص قد يتجاوز 100 ميجاهرتز. القيم المرجعية للمجال الكهربائي تستند على اعتماد علاقة التردد- والطاقة الممتصة للإنسان على الأرض ، فان التردد الرنيني يقل بحوالي 2 مرة. بالنسبة لبعض الأجهزة التي تعمل بترددات أعلى من 10 ميجاهرتز (مثل عوازل التسخين والتلفون الجوال) ،تعرض الإنسان يمكن أن يحدث في ظل ظروف المجال القريب .

اعتماد علاقة التردد- والطاقة الممتصة في إطار هذه الظروف تختلف كثيرا عن تلك التي وصفت للمجال البعيد. المجالات المغناطيسية قد تكون هي المسيطرة في بعض الأجهزة ، مثل الهواتف الجوالة ، في بعض ظروف التعرض فان حسابات النماذج العددية ، وكذلك قياسات التيارات المستحثة في الجسم وشدة المجال الكهربائي مهمة لتقييم التعرض الناتج عن المجال القريب كما في الهواتف الجوالة ،وأجهزة الاتصال الراديوية walkie-talkies ، وأبراج الاتصالات ومصادر عوازل التسخين. التعرض الناتج عن المجال القريب لهذه الأجهزة يمكن أن تؤدي

إلى تعرض عالي للطاقة النوعية الممتصة SAR (على سبيل المثال ، في الـــرأس ،والمعصمين والكاحلين) ، وSAR لكامل الجسم تعتمد اعتمادا شديدا على المسافة الفاصلة بين مصادر الترددات العالية والجسم. وأخيرا فان البيانـــات التـــي يـــتم الحصول عليها عن طريق قياس الطاقة النوعية الممتصة SAR ، تتطـــابق مـــع البيانات التي تم الحصول عليها من حسابات النماذج العددية.

الطاقة النوعية الممتصة SAR أو معدلها للجسم باجمعـــة هـــي كميـــات جيـــدة لمقارنة آثار التعرض الملاحظ في مختلف ظروف التعرض عند التـــرددات التـــي تزيد عن 10 جيجا هرتز ، فان عمق نفوذ المجال في الأنسجة يكون قليلا ، لذلك فان SAR ليست جيدة لتقييم الطاقة الممتصة ، وان كثافة القدرة الساقطة المقاســـه هي أكثر دقة من قياس كمية الجرعة.

آليات الاقتران غير المباشرة :

هناك نوعان من آليات الاقتران غير المباشرة :

- التيارات الملامسة التي تنتج عندما يحصل اتصال بين جسم الإنسان وأي جسم موصل له جهد كهربائي مختلف (أي عندما يشحن الفرد و الجسم الموصل نتيجة لوجود موجات كهرومغناطيسية EMF)
- الاقتران بين الموجات الكهرومغناطيسية والأجهزة الطبية التي بداخل جسم الإنسان .

يسبب شحن الجسم الموصل بواسطة الموجات الكهرومغناطيـــسية EMF تمـــرر التيارات الكهربائية عبر الجسم البشري. قيمة هذه التيارات وتوزيعها المكاني يعتمد على التردد ، حجم المادة ، حجم الشخص ، ومساحة الاتصال ، و الشحنة العابرة . أو يمكن أن تؤدي إلى حصول التفريغ (شرارة) أو يمكن أن يحدث التعرض للفرد والجسم الموصل في مجال قوي قريب.

الوحدات المستخدمة في هذا الكتاب موضحة في الجدول 2 – 2 .

جدول (2 – 2) كميات الموجات االكهرومغناطيسية ووحداتها بالنظام العالمي

الكمية	الرمز	الوحدة
التيار	I	أمبير (A)
الايصالية	s	سيمسن/ متر (S/ m)
كثافة التيار	**J**	أمبير / متر 2 (A/ m^2)
التردد	*f*	هرتز (Hz)
شدة المجال المغناطيسي	**H**	أمبير / متر (A/ m)
كثافة الفيض المغناطيسي	**B**	تسلا Tesla (T)
النفوذية المغناطيسية	m	هنري/ متر(H/ m)
النفوذية	e	فراد/ متر (F/ m)
كثافة القدرة	**S**	واط / متر 2 (W/ m^2)
الطاقة النوعية الممتصة	SA	جول/ كغم(J/ kg)
معدل الطاقة النوعية الممتصة	SAR	واط / كغم (W/kg)

الآثار المباشرة هي نتيجة التفاعل بين المجال الكهرومغناطيسي ، والأنسجة البايولوجية. فإنها قد تؤدي إلى تأثيرات صحية وبيولوجية . الآثار الصحية غير المباشرة قد تحدث عندما يكون هناك تفاعل بين المجالات االكهرومغناطيسية . في ظل ظروف معينة فان المجالات االكهرومغناطيسية الخارجية قد تتدخل مع الدوائر الالكترونه للأجهزة الطبية التي تحتوي على الإلكترونيات وقد يؤدي ذلك إلى خلل في هذه الأجهزة والتي تعرض صحة الناس اللذين يستخدموها إلى المخاطر. وتشمل هذه الأجهزة أجهزة صغيرة أو أجهزة مزروعة في بعض الأحيان ، مثل أجهزة السيطرة على النبض في أمراض القلب ، ومضخة الأنسولين

ومقياس السكر في الدم ، وكذلك الأجهزة الأكبر حجما مثل الكراسـي المتحركـة الكهربائية. الآثار غير المباشرة تنتج لمشاكل ذات طابع تقني .

المجالات الكهربائية الساكنة تحث الشحنات على سطح الجسم ،العتبة لهذا التـأثير يحصل عند مجال شدته 20 كيلو فولت / م. وإذا مسك الشخص المشحون المعزول جسم موصل متصل بالأرض ، فقد تحدث شرارة تفريغ صغيرة. كما يحصل مثلا عند المشي فوق السجاد في بيئة جافة. هذا يتوقف على شدة المجال المتولد والذي تتراوح بين حوالي 10 كيلو فولت / م إلى أكثر من 1200 كيلو فولت / م. هذا التفريغ لا يؤدي إلى آثار صحية ضارة. ومع ذلك قد ، تسبب عدم الارتياح وردود أفعال . لكنة قد يحدث انزعاج عند مجال شدته أكثر من 25 كيلو فولت / م.

التأثيرات الحرارية وغير الحرارية

هنالك فرق كبير بين التأثيرات الحرارية وغير الحراريـة فـي حالـة التعـرض للمجالات الكهرومغناطيسية ذات الترددات ألعالية. التأثير الحراري ينـتج عـن الترددات الكهرومغناطيسية ذات الترددات فوق 100 كيلو هرتز والذي يمكن أن يمتص في جزئيات المواد التي تحتوي على الماء (مثل الأنـسجة البايولوجيـة) وتحويلها إلى حرارة. التسخين المفرط قد يؤدي إلى آثار صـحية أو بيولوجيـة. بشكل عام فان التعرض في الحياة اليومية لا ينطوي علـى تـسخين الأنـسجة ، وبالتالي لن يؤدي إلى التأثيرات الحرارية. ومع ذلك ، فإن الناس تخاف من أن هذا التعرض قد يؤدي إلى آثار صحية ، كما في بعض الأعراض مثل الصداع والأرق أو حتى من آثار تهدد الحياة مثل الإصابة بالسرطان. لأنة من غير المرجح حدوث التسخين ، وتسمى هذه الآثار غير الحرارية.

في بعض الأحيان فأن التأثير غير الحراري لا ينظر له عند تحليـل المعلومـات العلمية ، لأنها لا تستخدم كأساس للأدلة الارشادية للتعرض. لقد قامت المنظمـات العلمية بمراجعة جميع الدراسات ذات الصلة ، للتأثيرات غير الحرارية. في العديد

من هذه الدراسات فان التأثيرات البايولوجية غير الحرارية قد وضـــحت ، ولكـــن التأثيرات الضارة على الصحة على أساس هذه الآثار لم توضح. ولذلك لا يمكن أن تستخدم كأساس لوضع الادلة الارشادية للتعرض. من الجدير بالذكر ، فـــان ذلـــك ينطبق على الترددات العالية فقط لان الآثار لتـــردد المجـــالات المنخفـــضه هـــي بطبيعتها آثار غير حراريه دائما.

2 – 3 الادله الارشادية للهيئة الدولية للوقاية من الاشعاع غير المؤين

الغرض من الادله الارشادية للهيئة الدولية للوقاية مـــن الإشـــعاع غيـــر المـــؤين ICNIRP وضع مجموعة متناسقة من الادله االارشادية للتعـــرض النـــاتج عـــن الطيف الكهرومغناطيسي للترددات من 1 هرتز إلى 300 جيجا هرتز .تؤدي الادله الارشادية إلى توفير الوقاية الكافية من الآثار الضارة المباشرة وغير المباشرة على صحة الإنسان من المجالات الكهرومغناطيسية EMF.

على مر السنين ،وضعت ICNIRP نظاما شاملا للوقاية مـــن آثـــار التعـــرض للمجالات الكهرومغناطيسية سمي بمقياس الجرع Dosimitrey. يتضمن النظام المستويات الارشادية للتعرض وضعت بطريقة واضحة وشـــفافة ، بعـــد وضـــع معايير وخطوات محددة مسبقا. تشمل هذه المعايير اختيار وتقييم دقيـــق وصـــارم للمعلومات العلمية. يحتوي هيكل النظام للأدلة الارشادية (مقياس الجـــرع) علـــى ثلاث مقاييس أساسية هي :

1 – المحددات الأساسية Basic restrictions

2 – المستويات الارشادية reference levels

التي يكون استخدامها مرنا وعمليا في أي حالة من حالات التعرض و تعرض أي فئة من فئات السكان.

3 – عوامل التخفيض Reduction factors

لغرض التعويض عن عدم الدقة و الاحتياط تستخدم عوامل لتخفيض المحددات الأساسية والمستويات الارشادية للتأكد من أنة في ظل الظروف الواقعية فان التعرض يكون أقل بكثير من حد العتبة للتأثيرات الصحية.

عوامل التخفيض مقدارها يتفاوت تبعا لدرجة عدم الدقة . بعض الآثار يمكن أن تكون في واقع الأمر بدقة معقولة . عوامل التخفيض تكون قليلة لغرض الحصول على مستويات أقل من الحد الأدنى(العتبة) المطلوب ، وعندما تكون الدقة قليلة فان إدخال عامل تخفيض كبير قد يكون له ما يبرره. استخدام عوامل التخفيض للمحددات الأساسية هو تدبير وقائي، وتجدر الإشارة إلى أن مزيدا من التدابير الوقائية تقوم على ألنهج المحافظ المعتمد في اشتقاق المستويات المرجعية. عوامل التخفيض توضع بطريقة لضمان الامتثال للمحددات الأساسية في معظم الحالات غير المرغوبة لمجموعة من العوامل التي توصف التعرض. وهذا يعني أن هناك عوامل إضافية هي عوامل التخفيض والتي توضع تحت ظروف واقعية. هذه العوامل قد تكون أعلى بكثير من المحددات الأساسية الموضوعة .

تدرك ICNIRP أن الآثار الطويلة الأجل والتي اقترحتها بعض الدراسات الوبائية هي من نوع التأثيرات الحادة تقريبا ، ولكنها غير مدعومة بما يكفي من البحوث التجريبية ، أو الدراسات عن آليات التفاعل المحتملة. في رأي ICNIRP ، فإن جميع نتائج البحوث المتعلقة بالتعرض إلى المجالات الكهرومغناطيسية EMF واستحداث السرطان أو غيرها من الأمراض ليست قوية بما يكفي لتشكيل قاعدة علمية لوضع مبادئ ارشادية للتعرض.وبشكل عام ، تجدر الإشارة إلى أن التأثيرات طويلة الأمد ذات طابع عشوائي stochastic ، و ينبغي استخدام الاستراتيجيات الوقائية التي تختلف عن المبادئ الارشادية للتعرض. هذه الاستراتيجيات ينبغي أن تقوم على أساس قبول مخاطر معينة ، مع مراعاة طبيعتها

وإبعادها ولكن أيضا على الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية التي تقــع خـــارج نطاق مسؤولية ICNIRP.

عند تقييم الآثار الصحية التي تقوم بها الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غيـــر المؤينه (ICNIRP) ، يمكن تحديد ثلاث خطوات.

الخطوة الأولى: يتم تقييم كل دراسة من حيث أهميتها بالنسبة للآثار الصحية التي يجري النظر فيها ، ونوعية الوسائل المستخدمة. تستخدم أوزان مختلفة لتقيم هـــذه الدراسات ، ولذي يتوقف على مدى قدرتها على تلبية معايير الجودة فيمـــا يتعلـــق بالتقنيات التجريبية المستخدمة ، وتقييم التعرض ، والسيطرة على الأوضاع البيئية ، وتكرار نتائج هذه التجارب.

الخطوة الثانية : تقييم جميع المعلومات ذات الصلة بالتأثيرات الصحية. هذا التقييم عادة ما يتم بشكل منفصل لغرض المعلومات الوبائيـــة ، والفحـــوص المختبريـــة للإنسان والدراسات على الحيوان والبحوث في خارج الجسم الحي. وأخيرا ، فـــإن نتائج الخطوات المذكورة أعلاه مجتمعة تعطي تقييم شامل.

تدرك ICNIRP أن هذه العملية تنطوي على بعض الأحكام للحد مـــن التحيـــز للمواقف الشخصية ، والخطوات المبينة أعلاه تتم بشكل جماعي من قبـــل اللجنـــة بأكملها ، ودعم من لجانها الدائمة.

عندما يسمح التقييم الشامل لتحديد التأثير وعلاقة الـــسببية بـــالتعرض ، ويـــصبح التأثير معروفا وثابتا. هذه المعايير المستخدمة لتحديد التأثيرات تكون ذات نتـــائج مكررة ومتطابقة مع دراسات ذات طبيعة مختلفة (مثل البحـــث عـــن المعلومـــات للبحوث خارج وداخل الجسم الحي والتي تعطي نتائج بيولوجية معقوليـــة لتفـــسير العلاقات الإحصائية في الدراسات الوبائية.

1- قياس كميات الجرعات والمحددات الأساسية
Dosimetric quantities & Basic restrictions

حدود للتعرض لمجالات الترددات الراديوية تكون الإلزامية لأنهـا تـستند علـى التأثيرات الصحية والتي تسمى المحددات الأساسية. الوقاية من الآثـار الـصحية الضارة يتطلب عدم تجاوز هذه المحددات الأساسية والتي تعتمد علـى التـردد . الكميات الفيزياوية المستخدمة لتحديد المحددات الأساسية هي كثافة ا للتردد لتيـار (J) ، ومعدل الامتصاص النوعي (SAR) و الامتصاص النوعي (SA)) وكثافـة فيض القدرة (S) جدول (2-3).

بيد أن هذه المحددات الأساسية الإلزامية من الصعب قياسها عمليا لقياس. لذلك فان المستويات المرجعية (المجالات الكهربائية والمغناطيسية ، والتيارات المستحثة في الأطراف، والتيارات الملامسة) ، هي كميات يمكن قياسها عمليا ويمكن أن تـوفر وسيلة بديلة لإظهار الامتثال للمحددات الأساسية الإلزامية. علما بـأن المحـددات الأساسية يمكن استبعاد أثارها الصحية بالرغم من ان المستويات المرجعية قد تـم تجاوزها. المستويات المرجعية قد صيغت بـشكل مـتحفظ بحيـث أن الامتثـال للمستويات المرجعية الموضحة في هذه الادلة الارشادية تضمن الامتثال للمحددات الأساسية.

جدول (2-3) بارومترات مقاييس الجرع والمحددات الأساسية ICNIRP

مدى الترددات	البارومتر والوحدة
MHz 10 - Hz 1	كثافة التيار J (أمبير / م^2)
MHz 110 - Hz 1	التيار I (أمبير)
GHz 10 - kHz 100	معدل الامتصاص النوعي SAR (W/kg)
GHz 300 - GHz 10	كثافة القدرة.S (W/m^2)
المجال النبضي	
GHz 10 - MHz 300	الامتصاص النوعي (J/kg)

يبين الجدول (2-4)العلاقة بين المحددات الأساسية وما يقابلها من مستويات مرجعية. نوع التأثير البيولوجي الناتج عن التعرض للمجال الكهرومغناطيسي EMF ليس له علاقة بمستوى المجالات الخارجية فقط ، وإنما له علاقة مع تواشج المجال مع الجسم المتعرض.

العلاقة الكمية التي تسبب الآثار البايولوجية الخارجية للتعرض لها بارومترات فعالة للأنسجة المستهدفة عند التعرض المنفرد. ولذلك فان آلتاثير يمكن وصفه على نحو أفضل بالكميات التي تعبر عن مدى كفاءة التعرض الخارجي والذي يسبب تأثيرات بيولوجية معينة. وتسمى هذه الكميات بالكميات الفعالة بيولوجيا ، أو مقاييس الجرع.

ورغم أن العديد من مقاييس الجرع أدخلت لمديات مختلفة من الطيف للمجال الكهرومغناطيسي EMF ،فان أكثرها أهمية هي كثافة التيار المستحث ، والتي تكون مناسبة للترددات المنخفضه للمجالات المغناطيسية والكهربائية وحتى إلى ترددات تصل إلى 10 ميجاهرتز) ، الآثار البايولوجية والصحية تعتمد على عدة معايير للتعرض. تشمل ، على سبيل المثال لا الحصر ، شدة المجال الكهرومغناطيسي.

الجدول (2-4) العلاقة بين الأساسي القيود والمستويات المرجعية

المحددات الاساسية	المستويات مرجعية
المستويات اللحظية المكانية لقيمة معدل مربع الجذر التربيعي rms لكثافة التيار للتردد 3 10 MHz –kHz)	المستويات اللحظية لقيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H وتيارات التلامس للتردد (3 kHz –10 MHz

SAR لعموم الجسم للتردد (100 kHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz)
SAR اللحظية المكانية للإطراف للترددات (100 kHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz) و/أو التيارات المستحثة في ألإطراف للساقين وللذراعين للترددات 10) . MHz-110 MHz) وتيارات التلامس للتردد (10 MHz-110 MHz)
SAR اللحظية المكانية في الرأس و الجذع (100 kHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz)
SAR اللحظية المكانية في الرأس للترددات (300 MHz - 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H وكثافة فيض القدرة للترددات (300 MHz - 6 GHz)
SAR اللحظية المكانية في الرأس و الجذع للترددات - (10 MHz)) 6 GHz)	معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائيE و/أو لمجال المغناطيسي H وكثافة فيض القدرة للترددات (10 MHz - 6 GHz)
متوسط الزمن و كثافة فيض القدرة الحظي S للترددات (6 GHz–300 GHz)	متوسط الزمن قيمة معدل مربع الجذر التربيعي اللحظية للمجال الكهربائيE و/او لمجال المغناطيسيH للترددات(6 GHz - 300 GHz)

تقوم إستراتيجية ICNIRP على تعريف المحـــددات الأساســـية لقيـــاس كميـــات الجرعات المناسبة بدلا من شدة المجالات نفسها. تكون المحددات الأساسية لكـــل

مدى من الترددات دون عتبة مناسبة للآثار الحرجة. لبعض المناطق من الطيف الكهرومغناطيسي EMF ،والتي تكون عندها المعلومات المتاحة غير كافية لإثبات الآثار الحرجة بالثقة الكافية ،فان المحددات الأساسية يمكن الحصول عليها من استقراء الترددات الدنيا والعليا . المحدد الأساسي المهم لقياس الآثار البايولوجية والصحية الذي اعتمدته معظم البلدان وأوصت به ICNIRP يهدف إلى ضمان توفير الوقاية للعاملين والجمهور من مجال الموجات االكهرومغناطيسية عالية التردد . هذه الكمية هي معدل الامتصاص النوعي للإشعاع في أنسجة الجسم SAR (Specific Absorption Rate)) والتي تقاس بالواط / كغم والذي يرتبط بالتأثير الحراري الناجم عن التعرض للمجالات االكهرومغناطيسية لتردد أكثر من 10 ميجاهرتز.

معدل الطاقة النوعية الممتصة ، SAR مقياس لامتصاص حرارة الموجات االكهرومغناطيسية من قبل الأنسجة الحية . فهي تمثل عملية انتقال الطاقة من المجالات الكهربائية و المغناطيسية إلى الجسيمات المشحونة في الوسط الماص. ومعدل الامتصاص هو انسياب الطاقة في وحدة الكتلة مقاسا بوحدات الواط / كيلوجرام .وعند الحديث عن أنسجة جسم الإنسان، فإن ذلك يعني أن معدل الامتصاص هو قياس الحرارة التي تمتصها الأنسجة .وقد عرف معهد المعايير الوطني الأمريكي معدل الامتصاص النوعي بأنه " المعدل الزمني الذي يتم فيه نقل الطاقة االكهرومغناطيسية للترددات الراديوية إلى عنصر أو كتلة في الجسم البيولوجي . تحدد اللجنة الفيدرالية للاتصالات في الولايات المتحدة الحد الأقصى لكثافة الطاقة المنبعثة من الأجهزة التي تعمل على نفس مدى الترددات المخصصة للهواتف الجوالة، بالمقدار 4 ميلي واط/ سم^2. أما الأجهزة التي يغطي الإشعاع الصادر منها على بعد 20 سنتيمتر من جسم الإنسان، مثل الهاتف الجوال، فيكون أقصى معدل امتصاص لها 1.6 واط / كغم .

يتم قياس معدل الامتصاص مباشرة من واقع زيادة الحرارة في منطقة محددة من الأنسجة. ولقياس معدل الامتصاص مباشرة، يلزم توصيل أجهزة قياس درجات الحرارة بالخلية الحية لمستعمل الهاتف .وقد أجريت عدة دراسات لتحديد معدل الامتصاص في الأنسجة المعرضة للإشعاعات الضعيفة الصادرة من أجهزة الهاتف النقال. وشملت تلك الدراسات قياس معدل الامتصاص في نماذج من الأدمغة البشرية .وقد أوضحت بعض الدراسات الأمريكية أن الحد الأقصى المعقول للتعرض للإشعاع الذي يمكن التعرض له أثناء الاستعمال العادي للهواتف الجوالة، يجب ألا يزيد على 1.6 واط / كغم .وقد توصل العلماء إلى أن تعرض الإنسان لإشعاعات الهواتف الجوالة يجب ألا يتخطى هذه الحدود. وتبين نتائج الدراسات أن الاستعمال العادي المتقطع للهواتف الجوالة من شأنه أن يعرض الإنسان لقدر قليل من الإشعاع لا يصل إلى الحدود القصوى المسموح بها.

ويعرف ، SAR عند نقطة في الوسط الماص بأنها معدل تغير زمن الطاقة المنتقلة إلى الجسيمات المشحونة في حجم متناهي في الصغر في تلك النقطة ، مقسوما على كتلة وحدة الحجم المتناهي في الصغر .

$$\mathbf{SAR = (\partial W / \partial t)\, \rho_m}$$

حيث ρ_m هو كثافة كتلة الجسم عند تلك النقطة.

تعتمد SAR الموضعية تعتمد على المجال الكهربائي من خلال المعادلة التالية :

$$\mathbf{SAR = P/\rho_m = \sigma E^2/\rho_m = \omega \varepsilon_0 \varepsilon' E^2/\rho_m}$$

حيث أن:

P كثافة القدرة الممتصة

σ (S/m) الايصالية الكهربائية للنسيج البشري

E (V/m) المجال الكهربائي الداخلي المقاس

ρ (kg/m^3) كثافة للنسيج البشري

ε الـــسماحية الكهربائيـــةpermittivity

فإذا عرف المجال الكهربائي E والموصلية عند نقطة داخل الجسم ،(الدماغ)،فان SAR في تلك النقطة يمكن إيجادها بسهولة. جميع المعلومات عـــن العازليـــة و السماحية للأنسجة موضحة في الجدول (2 -4) .

وفي حالة استخدام الهاتف الجوال فان SAR هي مؤشر على كمية الإشعاع التي يمتصها الرأس ، في النطاق الترددي(100 kHz– 10 GHz). إما , في المـــدى الترددي(10– 300 GHz) فان المؤشر على كمية الإشعاع التي تمتص قريبا من سطح الجسم هي كثافة القدرةS والتي تقاس W/m^2.

الجدول (2 - 4) خواص عازليه للأنسجة الدماغ البشري

التردد(MHz)	الايصالية (Ω/ (m	الكثافة الكتلية (kg/m3)	السماحية
900	0.7665	1030.0	45.8055
1800	1.1531	1030.0	43.5449

2 – 4 أسس الحد من التعرض

وضعت المبادئ الارشادية للحد من التعرض للموجات االكهرومغناطيـــسية بعـــد استعراض شامل لجميع البحوث العلمية. المعايير المطبقة في هذه البحـــوث هـــو تقدير أثار التعرض كأساس للمحددات المقترحة .علما بان اســـتحداث الـــسرطان الناتج من التعرض للموجات الكهرومغناطيسية على المدى الطويل من التعـــرض لم يؤخذ في الحساب .

المبادئ الارشادية المستخدمة تقوم على التأثيرات ذات المدى القصير ، و الآثار الصحية الفورية مثل تحفيز الأعصاب المحيطية والعضلات ، الصدمات ، والحروق التي تسببها اللمس للأجسام الموصلة، وارتفاع درجات الحرارة في الأنسجة الناجمة عن امتصاص الطاقة من خلال التعرض للموجات الكهرومغناطيسية . في حالات التأثيرات المحتملة على المدى الطويل للتعرض ، مثل زيادة خطر الإصابة بالسرطان ،فان هيئة الوقاية الدولية من الإشعاعات غير المؤينه ICNIRP خلصت إلى أن المعلومات المتاحة لا تكفي لتوفير أساسا لتحديد التعرض ، على الرغم من أن الدراسات الوبائية وضعت بعض الفرضيات غير المقنعة على وجود علاقة ممكنة بين التعرض والآثار المسببة للسرطان في مستويات الترددات الواطئة .

لقد تم ملاحظة بعض آلتاثيرات الجوالة والنسيجية العابرة في داخل الجسم الحي نتيجة للتعرض للموجات الكهرومغناطيسية على المدى القصير ولكن مع عدم وجود علاقة واضحة بين التعرض والاستجابة . هذه الدراسات هي ذات قيمة محدودة في تقييم الآثار الصحية لأن الكثير من الاستجابة لم يستدل عليها في داخل الجسم الحي. لذلك فان الدراسات المختبرية وحدها لا تقدم بيانات جدية وتشكل أساسا ممكن للتقييم الابتدائي للآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية .

المعرضون مهنيا للموجات الكهرومغناطيسية هم السكان البالغين المعرضين للمخاطر المحتملة للموجات الكهرومغناطيسية تحت ظروف معينة ، لذلك عليهم الحذر واتخاذ الاحتياطات المناسبة. على النقيض من ذلك ،فان أفراد الجمهور والمجموعات أو الأفراد من جميع الأعمار والتي تتفاوت حالتهم الصحية ، لا يعلمون بتعرضهم للموجات الكهرومغناطيسية EMF . في كثير من الحالات علاوة على ذلك ، فإن أفراد الجمهور لا نتوقع أن يتخذوا الاحتياطات اللازمة لتجنب أو تقليل التعرض للمخاطر المحتملة للموجات الكهرومغناطيسية . لذلك من الضروري اتخاذ المزيد من القيود الصارمة لتقليل التعرض للجمهور .

محددات المستويات المرجعية لأثار التعرض تعتمد على أساس ، حصول الآثار الصحية والتي تؤثر على الفرد وتسمى المحددات الأساسية ، والتي تعتمد على التردد والكميات الفيزياوية المستخدمة لتحديد أسس المحددات المفروضة على التعرض للموجات االكهرومغناطيسية EMF هي كثافة التيار، الطاقة النوعية الممتصة SAR، وكثافة القدرة.

الوقاية من الآثار الصحية الضارة تتطلب أن تكون ألمحددات الأساسية لا تتجاوز المستويات المرجعية للتعرض والمستمدة من المقارنة مع الكميات الفيزياوية المقاسة والتي تتطابق مع جميع المستويات المرجعية الواردة في المبادئ التوجيهية الأساسية لهيئة الوقاية من الإشعاعات غير المؤينه . المعلومات عن الآثار البايولوجية و الصحية لتعرض البشر إلى الموجات االكهرومغناطيسية EMF غير كافية ، لذلك فان تجارب الحيوانات المختبرية يمكن أن توفير الأساس لوضع عوامل السلامة على جميع مديات التردد وجميع الترددات المحورة frequency modulations . وبالإضافة إلى ذلك فان عدم الدقة الذي ينبع من نقص في المعرفة بشأن قياس الجرعات المناسبة يجعل هذه المعلومات غير كافية. هناك نوعين من التأثيرات تحدثها الموجات االكهرومغناطيسية :

1- تأثير حراري مباشر، ويؤثر على درجة حرارة الجسم خاصة الأعضاء التي تصلها كميات قليلة من الدم مثل العين وخاصة عدسة العين ويسبب حدوث عتمة العين أو المياه البيضاء، وأيضا يؤثر على الخصية وينتج عنه انخفاض في عدد وحيوية الحيوانات المنوية وبالتالي انخفاض الخصوبة، وتزداد هذه الآثار الحرارية كلما زادت مدة التعرض لهذه الموجات.

2- تأثير غير حراري، ويحدث من خلال وجود ترددات مختلفة من المجالات االكهرومغناطيسية مما يؤثر على بيولوجية الخلية والتمثيل الحيوي بداخلها وانتقال

أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم عبر جدارها، وأن الترددات التي تسببها هذه الموجات تؤثر على كهرباء المخ وعلى النوم.

المتغيرات العامة التي تأخذ بنظر الاعتبار تطوير عوامل السلامة للترددات العالية هي:

- آثار التعرض إلى EMF تحت ظروف بيئية قاسية (ارتفاع درجة الحـــرارة ، وزيادة مستويات النشاط ----الخ).
- الحساسية الحرارية العالية في فئات معينة من السكان ، مثـــل الإفـــراد غيـــر البالغين / أو كبار السن ، الرضع, الأطفال الصغار ، والأشخاص الذين يعانون من الأمراض أو يتناولون الأدوية التي تؤدي للتحمـــل الحــــراري .العوامـــل الإضافية التالية تأخذ بنظر الاعتبار لاشتقاق المستويات المرجعية للترددات العالية .
- الاختلافات في امتصاص الطاقة الكهربائية من قبـــل أفـــراد مـــن مختلفـــي الأحجام ,ويختلف اتجاههم من المجال الكهربائي والمغناطيسي ؛
- الانعكاس ، والتركيز ، والتشتت للمجال الساقط ، والتي يمكن أن تؤدي إلـــى تعزيز الامتصاص الموقعي للطاقة العالية التردد.

الاختلافات في الأسس العلمية المستخدمة لتطوير أساسيات محددات التعرض لمديات مختلفة من الترددات كما يلي:

- للترددات ما بين 1 هرتز و 10 ميجاهرتز ، فان المحددات الأساســـية تعتمـــد على كثافة التيار التي تؤدي لمنع آلتاثيرات على وظائف الجهاز العصبي،
- لمدى الترددات بين 100 كيلو هرتز و 10 جيجا هرتز ، يجـــب أن تفـــرض المحددات الأساسية على الطاقة النوعية الممتصة SAR لمنع تعرض الجـــسم كله ، والإفراط في الإجهاد الحراري الموقعي في النسيج .
- ما بين 100 كيلو هرتز – 10 ميجاهرتز تفرض القيود الأساسية على كل من كثافة التيار و الطاقة النوعية الممتصة SAR

- ما بين 10 ميجاهرتز – 300 جيجا هرتز ، تفرض القيود الأساسية على كثافة التيار لمنع الإفراط في تدفئة أنسجة الجسم ، أو قرب من السطح.

في مدى الترددات التي تتراوح بين بضعة هرتز إلى 1 كيلو هرتز ، لمستويات من كثافة التيارات المستحثة فوق 100 مايكرو أمبير/م^2 ، فان عتبات التغيرات الحادة تحصل في الجهاز العصبي المركزي للاستثارة وغيرها من الآثار الحادة. وعلى أساس اعتبارات السلامة أعلاه ، تقرر ، بأنة للترددات التي تتراوح بين 1 هرتز إلى 4 كيلو هرتز فان التعرض المهني يقتصر على المجالات التي تكون فيها كثافة التيار أقل من 10 ملي أمبير \ م^2 ، أي استخدام عامل أمان مساويا 10 لعامة الجمهور يضاف عامل أمان أخر مقداره 5 ، وبذلك تطبق محددات تعرض مقدارها 2 ملي أمبير \ م^2 ، لترددات مداها اقل من 4 هرتز وأكثر من 1 كيلو هرتز.

ألآثار البايولوجية والصحية في المدى الترددي من 10 ميجاهرتز لبضعة جيجا هرتز تتفق مع استجابة الجسم على ارتفاع درجة الحرارة أكثر من درجة سلسزية واحدة . هذا المستوى من ارتفاع درجة الحرارة ناجم عن تعرض الأفراد في ظل ظروف بيئية معتدلة على الجسم باجمعة فان الطاقة النوعية الممتصة SAR تقترب من 4 واط \ كغم لنحو 30 دقيقة. و للجسم باجمعة فان SAR يقترب من 0.4 واط \ كغم ، تم اختيار هذه المحددات لكي توفر الحماية الكافية للتعرض المهني. لقد تم وضع عامل أمان إضافي أخر مقداره (5) لتعرض الجمهور والذي يؤثر بمعدل للطاقة النوعية الممتصة SAR على الجسم باجمعة في حدود 0.08 واط \ كغم. الحد الأدنى للمحددات الأساسية لتعرض الجمهور تأخذ في الاعتبار اختلاف ألأعمار والحالة الصحية.

في مدى الترددات المنخفضه يوجد حاليا عدد قليل من المعلومات التي توضح الصلة بين التيارات العابرة والآثار الصحية. لذلك توصي الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه ICNIRP أن المحددات الحالية الناجمة عن كثافة التيار

المستحث بواسطة المجلات العابرة أو ذروة المجالات القصيرة جدا تعتبـــر قـــيم لحظية لذلك لا ينبغي أن يأخذ معدل زمن تأثيرها. المحددات الأساســـية لكثافـــة التيار وSAR , ومعدلها للجسم باجمعة ، للترددات التي تتراوح بين 1 هرتز و 10 جيجاهيرتز موضحة في الجدول(2 -5) ، وتلك لكثافة القدرة للترددات 10-300 جيجاهيرتز موضحة في الجدول(2 -6)

الجدول 2 - 5 المحددات الأساسية للمجال الكهربائي والمغناطيسي للترددات أكثر من 10 GHz *

خواص التعرض	مدى التردد	كثافة التيار للرأس والجذع mA/m^2	SAR لعموم الجسم (W/ kg)	SAR الموضعية للرأس والجذع (W/ kg)	SAR الموضعية للأطراف (W/ kg
التعرض المهني	أكثر من 1 هرتز	40	-	-	-
	1 - 4 هرتز	40/f	-	-	-
	4 هرتز - 1 كيلو هرتز	10	-	-	-
	1 - 100 كيلو هرتز	f/100	-	-	-
	100كيلو هرتز - 10 ميجا هرتز	f/100	0.4	10	20
	10ميجا هرتز- 10 جيجا هرتز	-	0.4	10	20
تعرض الجمهور	أكثر من 1 هرتز	8	-	-	-
	1 - 4 هرتز	8\ f	-	-	-

	4 هرتز - 1 كيلو هرتز	2	-	-	-
	1 - 100 كيلو هرتز	f/500	-	-	-
	100كيلو هرتز - 10 ميجا هرتز	f/500	0.08	2	4
	10ميجا هرتز- 10 جيجا هرتز		0.08	2	4

* ملاحظات

1- f التردد مقاسا بالهرتز.

2- بسبب عدم التجانس الكهربائي للجسم ،فان كثافة التيار ينبغي أن تكون كمعدل لمقطع عرضي مقداره 1 cm2 عمودي على اتجاه التيار.

3- ترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز ،قيمة ذروة كثافة التيار يمكن الحصول عليها عن طريق ضرب قيمة متوسط الجذر التربيعي ($\sqrt{2}$) = 1.414) لنبضات فترتها tp من التردد المعادل الذي يطبق إلى المحددات الأساسية التي ينبغي أن يحسب كما $f=(1/2tp)$.

4 - لترددات نبضية تصل إلى 100 كيلو هرتز للمجالات المغناطيسية ، والحد الأقصى لكثافة التيار المرتبطة بالنبضة والتي يمكن حسابها من ارتفاع /أو انخفاض الزمن والحد الأقصى لمعدل تغير كثافة الفيض المغناطيسي. كثافة التيار المستحث يمكن مقارنتها مع المحددات الأساسية المناسبة.

5- جميع قيم SAR يجب أن يأخذ معدلها في أي فترة مقدارها 6 دقائق.

6- SAR الموقعة يأخذ معدل كتلتها عند أي 10 غرام من الأنسجة المتجاورة ؛ الحد الأقصى للمقدار SAR الذي نحصل علية ينبغي أن يكون مساويا للقيمة المقدرة للتعرض.

7- لنبضات فترتها tp فان التردد المعادل الذي يطبق للمحددات الأساسية ينبغي أن تحسب كما $f=(1/2tp)$. وبالإضافة إلى ذلك التعرض للنبضات في مدى التردد

0.3 إلى 10 جيجا هرتز ، وإلى التعرض الموضعي للرأس ، وذلك من أجل الحد من أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن التوسع المرن الحراري ، يوصى بإضافة المحددات الأساسية. هو أن SAR لا ينبغي أن تتجاوز 10 مللي جول/ كغم للعاملين و 21 مللي جول/ كغم للجمهور كمعدل لكتلة 10غم من الأنسجة.

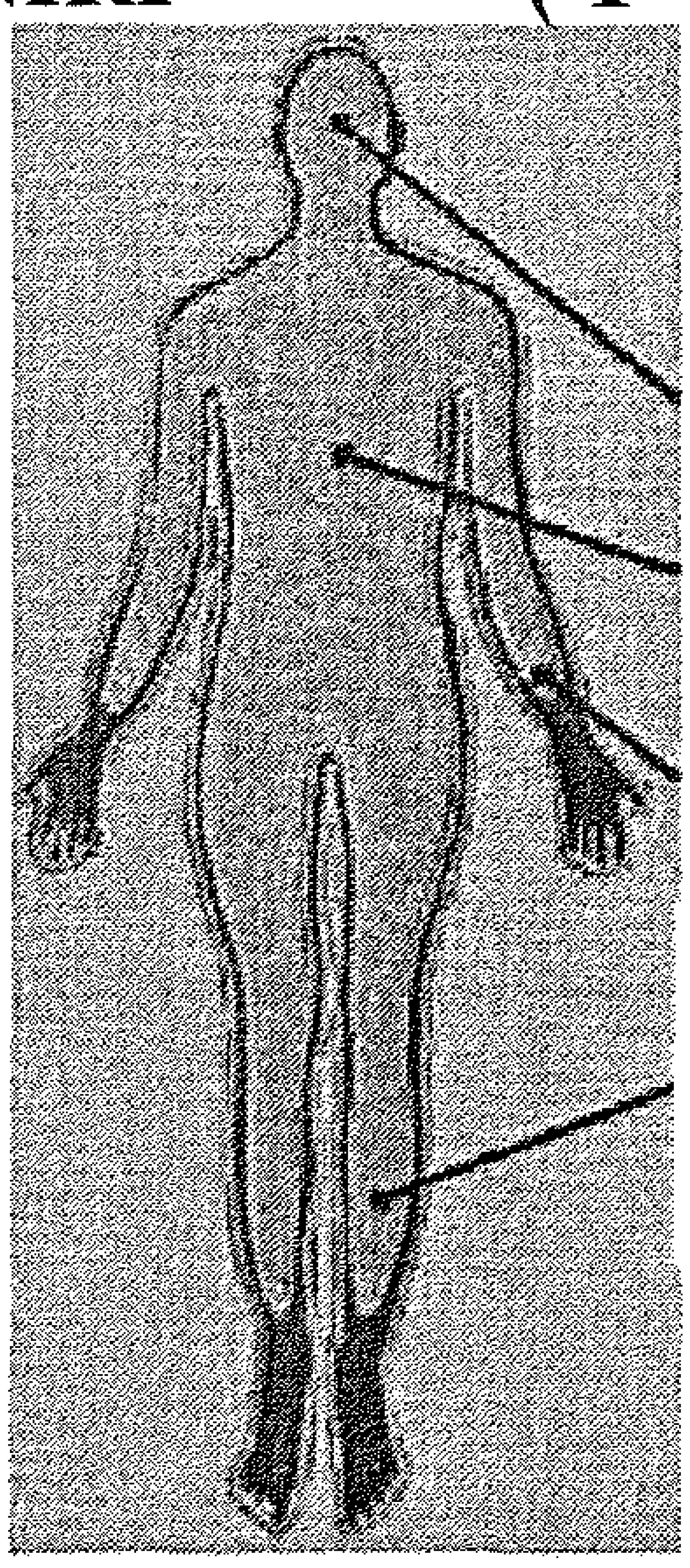
خواص التعرض	كثافة القدرة (W/m^2)
التعرض المهني	**50**
التعرض للجمهور	**10**

- ملاحظات

1. كثافة القدرة يأخذ معدلها إلى **50** سم^2 في أي منطقة للتعرض أو أي فترة زمنية مساوية $68/f^{1.05}$ (حيث f في جيجا هرتز) للتعويض عن أقصر عمق تغلغل تدريجي كلما زاد التردد.
2. الحد الأقصى لكثافة القدرة المكانية ،(حيث f في جيجا هرتز)كمعدل لمساحة **1** سم^2 ، ولا ينبغي أن يزيد **20** مرة من القيم أعلاه.

ويوضح الشكل (2 – 1) المحددات التي أوصت بها الهيئة الدولية للإشعاع غير المؤين لكل من معدل للطاقة النوعية الممتصة SAR وكثافة القدرة S

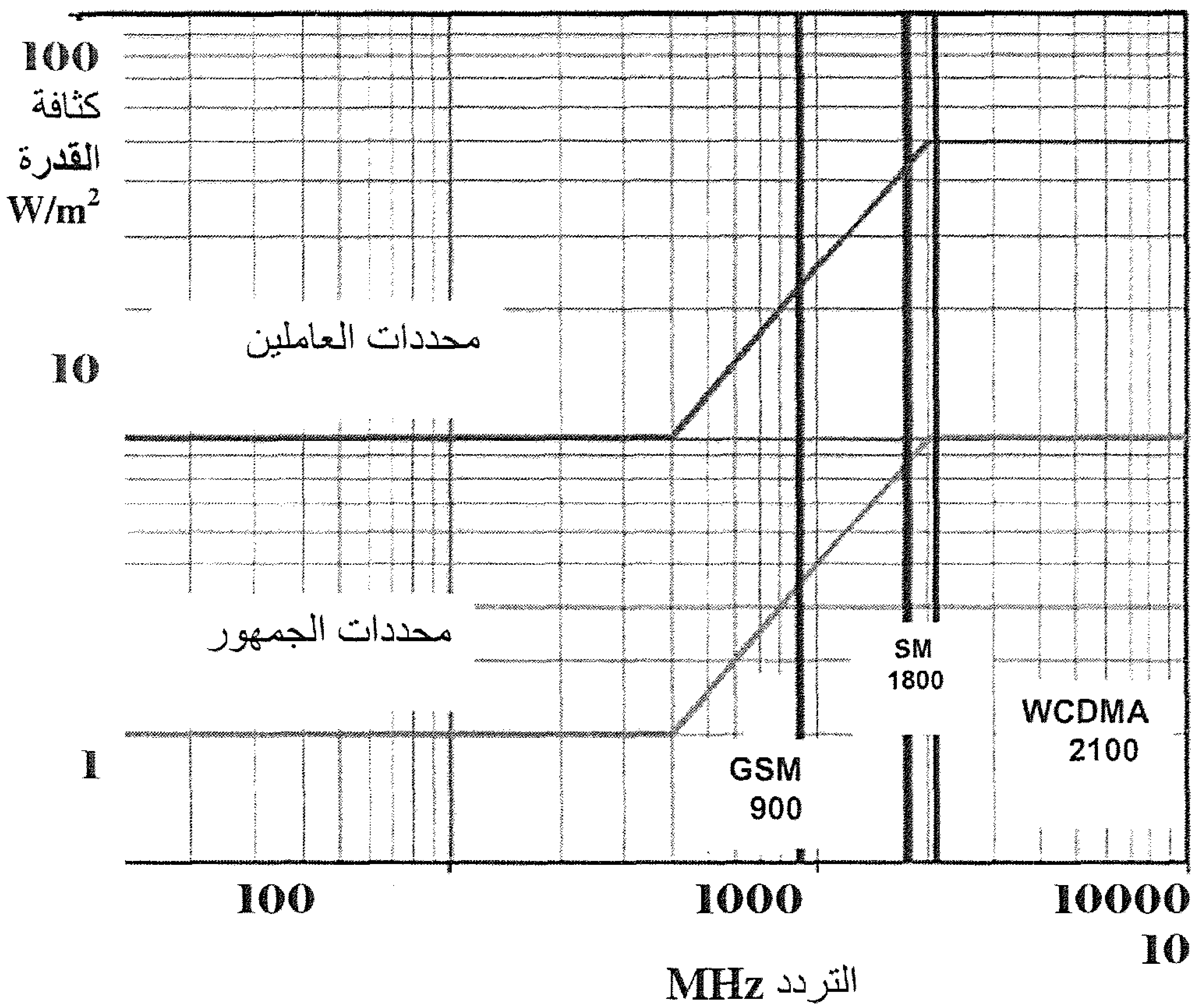
الشكل (2 – 1) محددات ICNIRP لتعرض العاملين



للتقييم العملي ، وباستخدام المراقبة الميدانية ،فان المستويات المرجعية ICNIRP تعتمد على التردد ،والتي تسمى كثافة القدرة (S) ، وشدة المجال الكهربـائي (E) وشدة المجال المغناطيسي (H). المستويات المرجعية يمكن اسـتخدامها لإظهـار امتثالها مع حدود SAR.

في مديات التردد من 10 ميجاهرتز و 10 جيجا هرتـز ، وحـدود التعـرض للموجات الكهرومغناطيسية تقاس بمعدل الامتصاص النوعي SAR والموضـحة في الشكلين (2 – 2) و(2 – 3) و الجدول (2 -7) .

الشكل (2 – 2) محددات كثافة القدرة



ملاحظة :هذه المحددات تطبق لمعدل تعرض لفترة 6 دقيقة.

الشكل (2 – 3) الحدود المعيارية المشتقة للنوع GSM 1800)

التأثيرات الظاهرة
تبدأ التأثيرات الحرارية عند SAR ~ 4
W/kg

↓ ↓

تنقص بمعامل10
محددات التعرض للعاملين
W/kg
SAR لعموم الجسم اكبر من 0.4

↓ ↓

ينقص بمعامل5
محددات التعرض للجمهور
W/kg
SAR لعموم الجسم اكبر من 0,08

حصول أسوء حالة

↓ ↓

المستوى المرجعي
المجال الكهربائي E اكبر من 59 V/m
المجال المغناطيسيH اكبر من 0.16
V/m
فيض كثافة القدرة S اكبر من 9.2
W/m2

جدول (2 -7) محددات SAR

نوع التعرض	محددات ICNIRP		
	معدل SAR لعموم الجسم	SAR الموضعي كمعدل على 10 غم من الأنسجة للرأس والجذع	للأطراف
حدود تعرض العاملين	0.4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg
حدود تعرض الجمهور	0.08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg

ولكن تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة أن SAR تجاوزت الحدود المرجعية لمستويات كثافة القدرة.

يمكن تقليل الآثار البايولوجية للهاتف النقال باستخدام تقانة الحماية البايولوجية من المجالات الكهرومغناطيسية ، وهي تقنية تهدف إلى تقليل الآثار البايولوجية وبالتالي تقليل الآثار الصحية الناتجة من التعرض للمجالات االكهرومغناطيسية للهاتف النقال . الحماية البايولوجية هي تكنولوجيا تم تطويرها نتيجة لجهد بحثي كبير بتمويل من الجيش الأمريكي. وتتم الحماية البايولوجية من خلال تراكب (تداخل) المجالات االكهرومغناطيسية الطبيعية وهي المجالات الكهرومغناطيسية الطبيعية المماثلة للمجالات العشوائية (الضوضاء الكهرومغناطيسية) ،مع المجالات الكهرومغناطيسية الخطرة ذات الترددات العالية .

يتولد من التداخل موجات كهرومغناطيسية حول الخلايا البايولوجية تمنع حصول أي تغييرات على الكيمياء الحيوية للخلايا. يمكن توليد موجات الضوضاء وهي الموجات الكهرومغناطيسية ذات الترددات الواطئة **ELF** والتي تتراوح بين 60 50 – هرتز والتي تنبعث من دوائر ألهاتف أو خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

يمكن توليد موجات الضوضاء بواسطة رقائق دقيقة مثبتة في بطاريات الهواتف الجوالة والتي تزيل الآثار البايولوجية الناجمة عن الموجات المايكروويه المنبئة من هوائي الهاتف .

هذه التقانة قد تم اختبارها بنجاح في خمس جامعات مختلفة أمريكية وكندية و دنماركية بشكل مستقل على النظم البايولوجية، و في جميع التجارب تبين إزالة المجالات الكهرومغناطيسية الخطرة حول الخلايا و القضاء على الآثار البايولوجية.المجالات الكهرومغناطيسية للحماية البايولوجية لن تتداخل على الإطلاق مع عمل أو مدى الهواتف الجوالة لان مجال الضوضاء المنبعث له تردد مختلف تماما عن تردد تشغيل الهاتف.

كذلك فان الرقاق في البطاريات لا تؤثر على التحدث وزمن الانتظار لان عملية توليدها لا يتطلب سوى نسبة ضئيلة (نحو 0.5 ٪) من طاقة البطاريات ولا تؤثر على الهواتف الأخرى أو الأجهزة الكهربائية . هذه التكنولوجيا تولد حماية بيولوجية ، للرأس والجزء العلوي من الجسم عندما يوضع الهاتف على الأذن ، وعندما يوضع الهاتف في الحزام تتولد الحماية البايولوجية ، للورك ،نخاع العظم ، الأجهزة التناسلية، وغيرها من أجزاء الجسم الحيوية في هذه المنطقة. تكنولوجيا المجالات االكهرومغناطيسية للحماية البايولوجية لن تقضي على تدفئة النسيج الحي و الإزعاج المرتبطة بذلك. علما بان التأثير البيولوجي ليست بالضرورة أن يكون مرتبطا بالتدفئة. أي أن الحماية البايولوجية تزيل التأثيرات البايولوجية الأخرى والتي لا ترتبط بالتدفئة ،وكذلك سيتم القضاء على حث التوتر لبروتين الإجهاد. أي إن هذه الحماية تكون فعالة من التأثيرات غير المرتبطة بالحرارة. استعمال الحماية البايولوجية سوف يزيل الآثار البايولوجية التي لا ترتبط بالتدفئة.وعندما يشعر مستخدم الهاتف بالإزعاج نتيجة التدفئة الفعلية ، فيمكن الجمع بين الحماية البايولوجية والدروع أو سماعة الأذن.

2 – 5 المستويات المرجعية reference levels للموجات الراديوية

بسبب الصعوبات العملية في قياس أو حساب الجرعة الناتجة عن الإشعاعات غير المؤينه ففي هذه الحالة تستخدم المستويات المرجعية التي تعبر بشكل مباشر بكميات قابلة لقياس التعرض الخارجي (مثل كثافة القدرة ،شدة المجال الكهربائي أو شدة المجال المغناطيسي) .

هذه الإستراتيجية تكون محافظة. أي أن استخدام المستويات المرجعية يضمن في الواقع الامتثال للمحددات الأساسية ، نظرا لأن العلاقات بينها وضعت لتحقيق شروط أقصى قدر من الاقتران (التو اشج) بين المجالات الخارجية والشخص المعرض. وعلى الجانب الآخر ، فان تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة تجاوز المحددات لأساسية ؛وإذا حصلت هذه الحالة أو لم تحصل فينبغي أن نتأكد من خلال تحقيق مزيد من التقصي . الجدولين (2-8) و(2- 9). يلخصان مستويات مرجعية للتعرض المهني ولتعرض للجمهور ، على التوالي ، والمستويات المرجعية موضحة في الشكلين (2 – 4) و(2 – 5). لذلك فان المستويات عبارة عن متوسط القيم على عموم الجسم للفرد المعرض، ولكن مع شرط أساسي هام وهو عدم تجاوز المحددات المفروضة للتعرض. لمجالات التردد المنخفض ، هناك عدة أساليب حسابية وطرق القياس قد طورت لوضع محددات المستويات المرجعية الأساسية .

توجد بعض الدول التي لا تستخدم المستويات المرجعية ICNIRP وإنما تضع قيم خاصة بها تنسجم وقوانينها الوطنية كما في الجدول (2- 10).

عمليات التبسيط التي استخدمت حتى الآن لم تأخذ بنظر الاعتبار بعض الظواهر مثل عدم انتظام التوزيع وتباين الخواص للايصالية الكهربائية وغيرها من عوامل الأنسجة ذات الأهمية بالنسبة لهذه الحسابات. اعتماد الترددات المرجعية على مستوى المجال تتطابق مع المعلومات عن الآثار البايولوجية واقتران هذا المجال. نماذج المجال المغناطيسي نفترض أن الجسم له ايصالية متجانسة ومتماثلة وتطبق

نماذج الحلقة الدائرية البسيطة للموصل لتقدير التيارات المستحثة في مختلف الأعضاء وأجهزة الجسم والمناطق ، مثال ، الرأس ، وذلك باستخدام المعادلة التالية لمجال منحنى عند تردده f يمكن اشتقاقه من قانون الحث لفاراداي

$$J = n R f \sigma B,$$

حيث أن B كثافة الفيض المغناطيسي

R هو نصف قطرها الحلقة للحث التيار.

جدول (2 -8) المستويات المرجعية للتعرض المهني للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن *

كثافة (S_q) القدرة للموجات المستوية (W/m^2)	الفيض B المغناطيسي (μT)	المجال الكهربائي E (V/m)	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المدى الترددي (f)
—	2×10^5	—	163×10^3	<1 Hz
—		20,000	$163 \times 10^3/f^2$	1 - 8 Hz
—	$2.5 \times 10^4/f$	20,000	$2.0 \times 10^4/f$	8 - 25 Hz
—	25/f	500/f	20/f	0.025 - 0.82 kHz
—	30.7	610	24.4	0.82 - 65 kHz
—	2.0/f	610	1.6/f	0.065 - 1 MHz
—	2.0/f	610/f	1.6/f	1 – 10 MHz
10	0.2	61	0.16	10 - 400 MHz
f/40	$0.01 f^{1/2}$	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	400 - 2,000 MHz
50	0.45	137	0.36	2 - 300 GHz

الملاحظات :

1 - f كما هو مبين في العمود لمديات التردد.

2 -على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.

3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ، (S_q) ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.

4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

5 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1و2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميجاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميجاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة ،تأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات (S_q) ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.

6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ، S_q ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل $68/f^{1.05}$ دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).

7 - لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz ، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوما بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه.

المستويات المرجعية الأساسية تم الحصول عليها من المحددات الأساسية بواسطة النماذج الرياضية والاستقراء من نتائج الفحوص المختبرية لترددات محددة. تعطى عند شرط الحد الأقصى لاقتران المجال و الفرد المتعرض ، وبالتالي توفير الحماية القصوى.

الجدول (2 -9) المستويات المرجعية لتعرض الجمهور للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن *

كثافة القدرة للموجات المستوية (S_q) (W/m^2)	الفيض المغناطيسي B (μT)	المجال الكهربائي (V/m) (E)	المجال المغناطيسي (A/m) (H)	مدى التردد (f)
—	4×10^4	—	3.2×10^4	اكبر من 1 Hz
—	$4 \times 10^4/f^2$	10,000	$3.2x\ 10^4/f^2$	1 - 8 Hz
—	5000/f	10,000	4000 /f	8 - 25 Hz
—	5/f	250/f	4/f	0.025–0.8 kHz
—	6.25	250/f	5	0.8–3 kHz
—	6.25	87	5	3–150 kHz
—	0.92/f	87	0.73/f	0.15–1 MHz
-	0.92/f	$87/f^{1/2}$	0.73/f	1–10 MHz
2	0.092	28	0.073	10–400 MHz
f/200	$0.0046f^{1/2}$	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	400–2,000 MHz
10	0.20	61	0.16	2 - 300 GHz

الملاحظات :

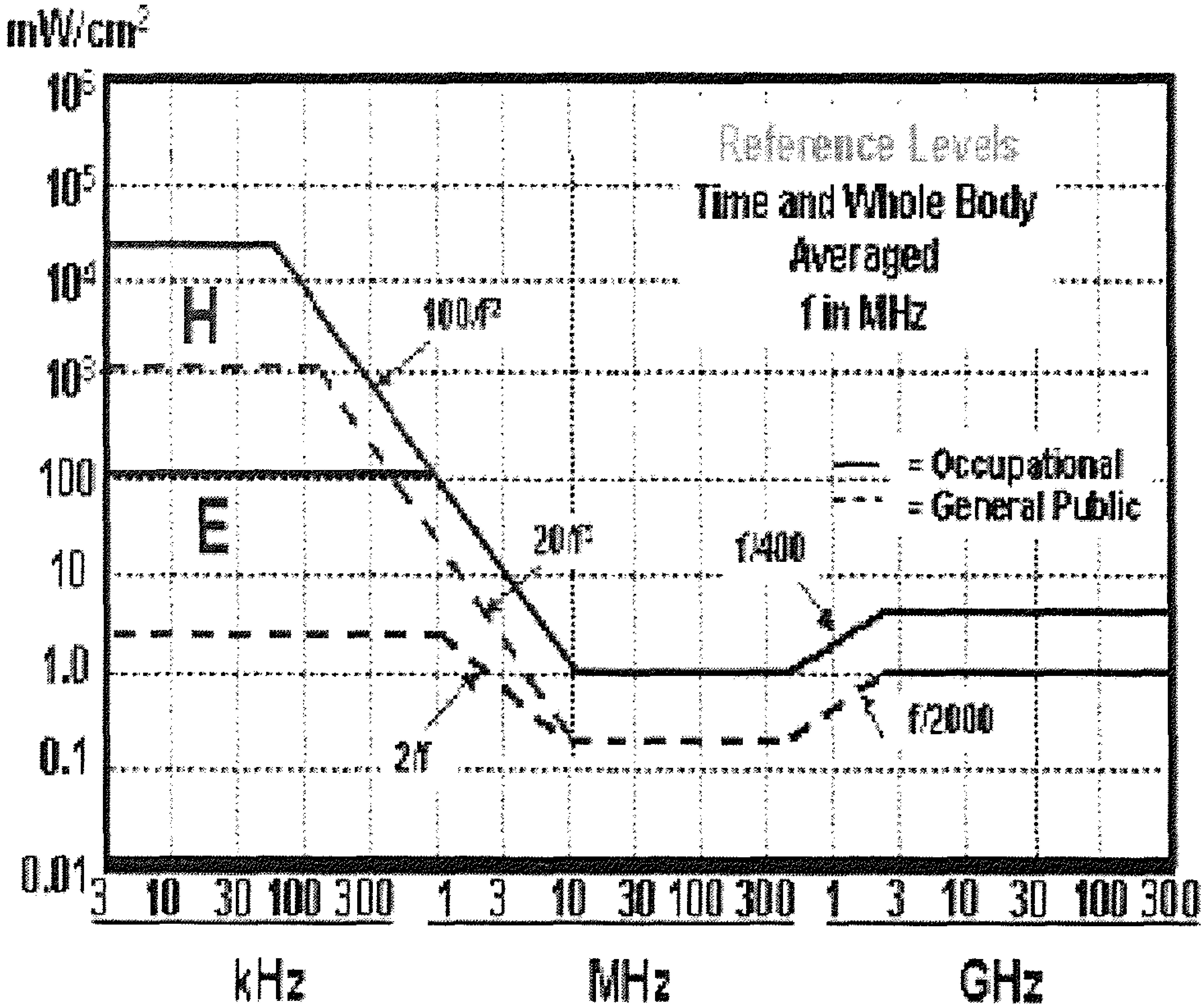
1 - F كما هو مبين في العمود لمديات التردد.

2 -على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.

3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ، (S_q) ، E^2 ، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.

شكل (2 – 4)المستويات المرجعية للتعرض من المجال الكهربائي المتغير مع الزمن

– لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

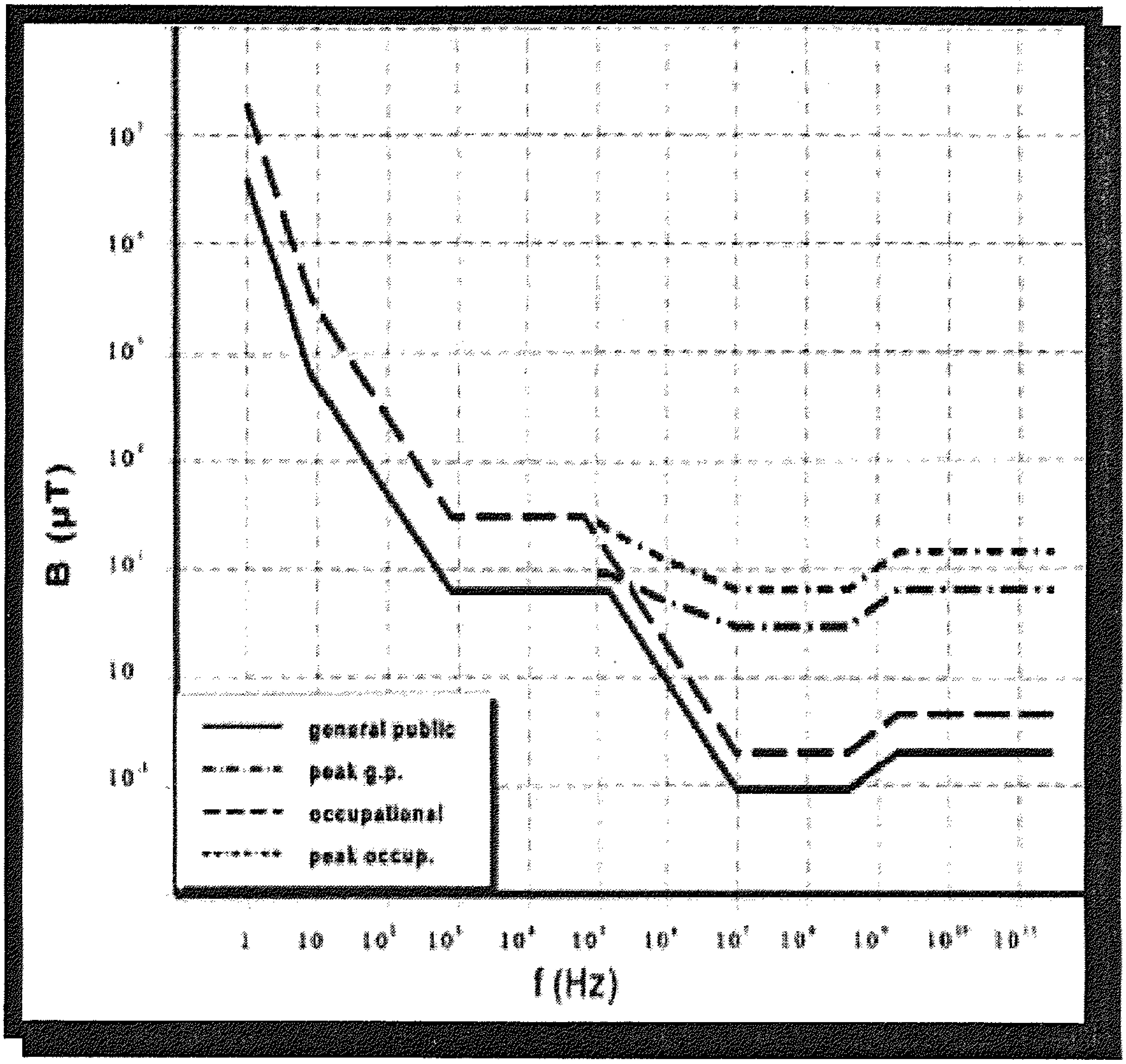


5 -لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتـــز. كمـــا فـــي الشكلين 1 و2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، وذروة القـــيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عنـــد 100 كيلـــو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميجـــاهرتز. لتـــرددات تزيـــد عـــن 10 ميجاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة ،تأخذ عند معدل خـــلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات **(S_q)** ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.

6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ، S_q ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل $68/f^{1.05}$ دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).

7 - لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz، وهي عبـــارة عـــن الكهربائية الساكنة. يكون معلوما بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث فـــي مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه. النماذج الأكثر تعقيدا تستخدم النموذج البيضوي لغرض تمثـــل الجذع أو عموم الجسم لتقدير كثافة التيار المستحث على سطح الجسم وللـــسهولة نفرض أن الموصلية متجانسة مقدارها 0.2 سيمنس\متر ، عند التردد 50 هرتز ،كثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا تولد كثافة تيار بـــين 0.2 و 2 ملـــي أمبير \ملم ^{2} في محيط الجسم . وفقا لتحليل آخر، عند التردد 60 هرتز ،كثافـــة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا تولد كثافة تيار 0.28 أمبيـــر \ ملـــم ^{2} . والحسابات الأكثر واقعية تقوم على النماذج التشريحية الكهربائية أدى إلى أن يكون الحد الأقصى لكثافة التيار تتجاوز 2 أمبير \ ملم ^{2} لكثافة الفـــيض المغناطيـــسي 100 مايكروتسلا وتردد 60 هرتز .ومع ذلك ، فإن وجود الخلايـــا البايولوجيـــة يؤثر على التوزيع المكاني لنمط التيارات المستحثة والمجالات ، مما يـــؤدي إلـــى اختلافات جوهرية في كل من مقدار

الشكل (2- 5)المستويات المرجعية للتعرض من المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن



وأنماط تدفق التيار المستحث مقارنة مع تلك التي تم تقيمها باستخدام التحلـيلات البسيطة

نماذج المجال الكهربائي يجب أن تأخذ في الاعتبار حقيقة أنـه ، اعتمـادا علـى ظروف التعرض والحجم والشكل ، وموقع الجسم المتعرض من هذا المجال ،فـان كثافة الشحنة يمكن أن تختلف اختلافا كبيرا ، مما أدى إلى توزيع متغيـر وغيـر متجانس للتيارات داخل الجسم .المجالات الكهربائية اللولبية عند ترددات تقل عـن

10 ميجاهرتز ، فان مقدار كثافة التيار المستحث داخل الجسم يزداد مع زيادة التردد.

يتناسب توزيع كثافة التيار المستحث عكسيا مع المقطع العرضي للجسم والتي قد تكون مرتفعة نسبيا في الرقبة والكاحلين. عند مستوى تعرض 5 كيلو فولت \ ملم للجمهور ففي أسوء الأحوال فان كثافة التيار المستحث تصل حوالي 2ملي أمبير \م ^{2} في الرقبة والجذع من الجسم إذ كان متجه المجال موازيا لمحور الجسم ، ومع ذلك فان كثافة التيار المستحث عن 5 كيلو فولت \ متر سوف تتطابق مع المحددات الأساسية للتعرض في اسوء الحالات.

الجدول (2 -10) حدود المستويات المرجعية لبعض الدول

الدولة	الحدود عند تردد 900 MHz
استراليا	27.46 V/m
روسيا	6.14 V/m
الصين	3 V/m
السويد	4 V/m
بولندا	6.67 V/m
بلجيكا	20.58 V/m
بلغاريا	6.14 V/m
سويسرا	3.88 V/m
تركيا	41,25 V/m

ولأغراض إظهار التطابق بين المحددات الأساسية المرجعية للمجالات الكهربائية و المغناطيسية يجب أن تأخذ كل على حدة وليس بإضـافتها. بالنـسبة للحـالات الخاصة للتعرض المهني بترددات تصل إلـى 100 كيلـو هرتـز ، والمجـالات الكهربائية المشتقة قابلة للزيادة بعامل مقداره 2 في ظل الظروف التي تكون فيهـا الآثار الوخيمة غير المباشرة الناتجة عن اتصال الجسم مع مادة موصلة كهربائيـا يمكن استبعادها عند ترددات اكبر من 10 ميجاهرتز ، يمكن الحصول على شـدة المجال الكهربائي والمغناطيسي المشتق من المحددات الأساسية للطاقـة النوعيـة الممتصة لعموم الجسم تم الحصول عليها من الطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم باستخدام البيانات الحسابية والتجريبية. في أسوأ الأحوال ، تصل طاقة للمزاوجـة القصوى بين 20 ميجاهرتز ، وعدة مئات من ميجاهرتز. في هـذا المـدى مـن الترددات ، تصل المستويات المرجعية الحد الأدنى من القيم. المستويات المرجعية لشدة المجال المغناطيسي تم حسابها من شدة المجال الكهربائي عن طريق استخدام العلاقة بين E و H للمجال البعيد (E/H = 377 أوم). أما في المجـال القريـب ،فان منحنيات تردد الطاقة النوعية الممتصة لم تعد صالحة ، علاوة على ذلك فان مساهمات مركبات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي سـينظر لهـا بـشكل منفصل. ولقيم تقريبية محافظة ، فان مستويات التعرض للمجال يمكن اسـتخدامها في تقيم المجال القريب لان اقتران الطاقة الكهربائيـة مـن مـساهمات المجـال الكهربائي و المغناطيسي لا يمكن أن تتجاوز المحددات المفروضة علـى الطاقـة النوعية الممتصة لعموم الجسم . ولتقيم اقل تحفظا فـان المـستويات المرجعيـة لتعرض الجمهور قد تم الحصول عليها من التعرض المهني باسـتخدام العوامـل المختلفة على كامل المدى الترددي. هذه العوامل قد اختيرت على أساس التأثيرات التي تعرف بمدى الترددات المختلفة وبصفة عامة ، من العوامل الأساسية لمتابعة المحددات على كامل المدى الترددي ،وقيمها وتتفق مع العلاقة الرياضـية بـين كميات المحددات الأساسية و المستويات المشتقة على النحو المبين أدناه :

- في المدى الترددي الذي يصل إلى 1 كيلو هرتز ، المستويات المرجعية لعموم الجمهور للمجال الكهربائي تصل نصف القيم المحددة للتعرض المهني. قيمة الجهد الكهربائي 10 كيلو فولت\ ملم عند التردد 50 هرتز أو 8.3 فولت\ ملم عند التردد 60 هرتز للتعرض المهني ويتضمن ما يكفي من هـامش أمـان للوقاية لمنع آثار التحفيز من التيارات الملامسة في جميع الظروف الممكنـة. نصف هذه القيمة قد تم اختيارها كمستويات مرجعية لعامة الجمهور. مثل 5 كيلو فولت\ ملم لتردد 50 هرتز أو 4.2 كيلو فولت\ ملم لتردد 60 هرتـز. في المدى الترددي 100 كيلو هرتز – 10 ميجاهرتز ، منع الآثـار الوخيمـة غير المباشرة لأكثر من90 ٪ من الأفراد المعرضين.
- عند الترددات المنخفضه وحتى المدى 100 كيلو هرتز فـان المـستويات المرجعية للمجال المغناطيسي لعامة الناس قد خفضت بعامـل 5 عـن القـيم الموضوعة للتعرض المهني.
- في المدى الترددي 100 كيلو هرتز 10 ميجاهرتز ، فان المستويات المرجعية لمجال المغناطيسي للجمهور قد زادت مقارنة مع الادلة الارشادية الموضوعة عام 1988. في تلك الادلة الارشادية ، فان شدة المجال المغناطيسي المرجعية قد تم حسابها من القيم المرجعية لمستويات المجال الكهربائي باستخدام.
- الصيغة المتعلقة بشدة المجال الكهربائي E و المجال المغناطيسي H المجـال البعيد .هذه المستويات المرجعية مـستويات محافظـة جـدا ، لأن المجـال المغناطيسي في ترددات تقل عن 10 ميجاهرتز لا تساهم مساهمة كبيرة فـي خطر الصعقات الكهربائية ، والحروق ،وأثار الشحنات السطحية أو التي تكون أساسا كبيرا للحد من التعرض المهني للمجالات الكهربائية عند تلك المديات.
- عند مدى الترددات العالية 10 ميجاهرتز – 10 جيجا هرتـز ؛ المـستويات المرجعية للجمهور للمجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية تكون أقـل بواقع 2.2 من تلك التي وضعت للتعرض المهني. العامل 2.2 يقابـل الجـذر

التربيعى للعدد 5 ، وهو عامل الأمان بين حدود التعرض الأساسي المهني لتعرض للجمهور. الجذر التربيعي يستخدم لربط كميات شدة المجال و كثافة القدرة.

- في مدى الترددات 10– 300 جيجا هرتز ،فان المستويات المرجعية للجمهور ،يمكن تعريفها بواسطة كثافة القدرة، كما هو الحال في المحددات الأساسية والتي تقل بعامل مقداره 5 من محددات التعرض المهني .
- بالرغم من قلة المعلومات المتاحة عن العلاقة بين الآثار البايولوجية وذروة القيم للمجال النبضي ، لقد تم الاقتراح بأنة بالنسبة للترددات التي تزيد على 10 ميجاهرتز ، فان معدل المقدار S_{eq} خلال عرض النبضة ينبغي أن لا يتجاوز 1000 مرة من المستويات المرجعية أو أن شدة المجال ينبغي أن لا يتجاوز 32 مرة من شدة المجال للمستويات المرجعية الموضحة في الجدولين (2-8) و (2- 9) و الشكلين (2 – 4) و(2 – 5) لترددات بين نحو 0.3 جيجا هرتز ، وعدة جيجا هرتز ، ولتعرض موقعي للرأس ، من أجل الحد أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن المرونة الحرارية. تمدد الامتصاص النوعي الناتج من النبضات يجب أن يحدد. في هذا المدى من الترددات ، عتبة المقدار SA يساوي 4–16 مللي جول / كغم لتوليد هذا التأثير الذي يقابل نبضة زمنها 30 ملي ثانية ، أو لقيم ذروة SAR البالغة 130–520 واط /كغم في الدماغ. و بين الترددات 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، فان قيم الذروة لشدة المجال في الشكلين 1 و 2 تم الحصول عليها عن طريق الاستقراء interpolation من الذروة التي تساوي 1.5 ضعف عند التردد 100 كيلو هرتز إلى الذروة 32 ضعف عند التردد 10 ميجا هرتز.
- في الجدولين (2-8) و (2- 9) و الشكلين (2 – 4) و(2 – 5) نلاحظ أن هناك نقاط انقطاع لمختلف الترددات تحدث للعاملين والجمهور للمستويات المرجعية المشتقة. وهذا نتيجة للعوامل المختلفة المستخدمة لاشتقاق المستويات

المعيارية للجمهور ، في حين ينبغي الحفاظ على الاعتماد على التردد للعاملين والجمهور على حد سواء.

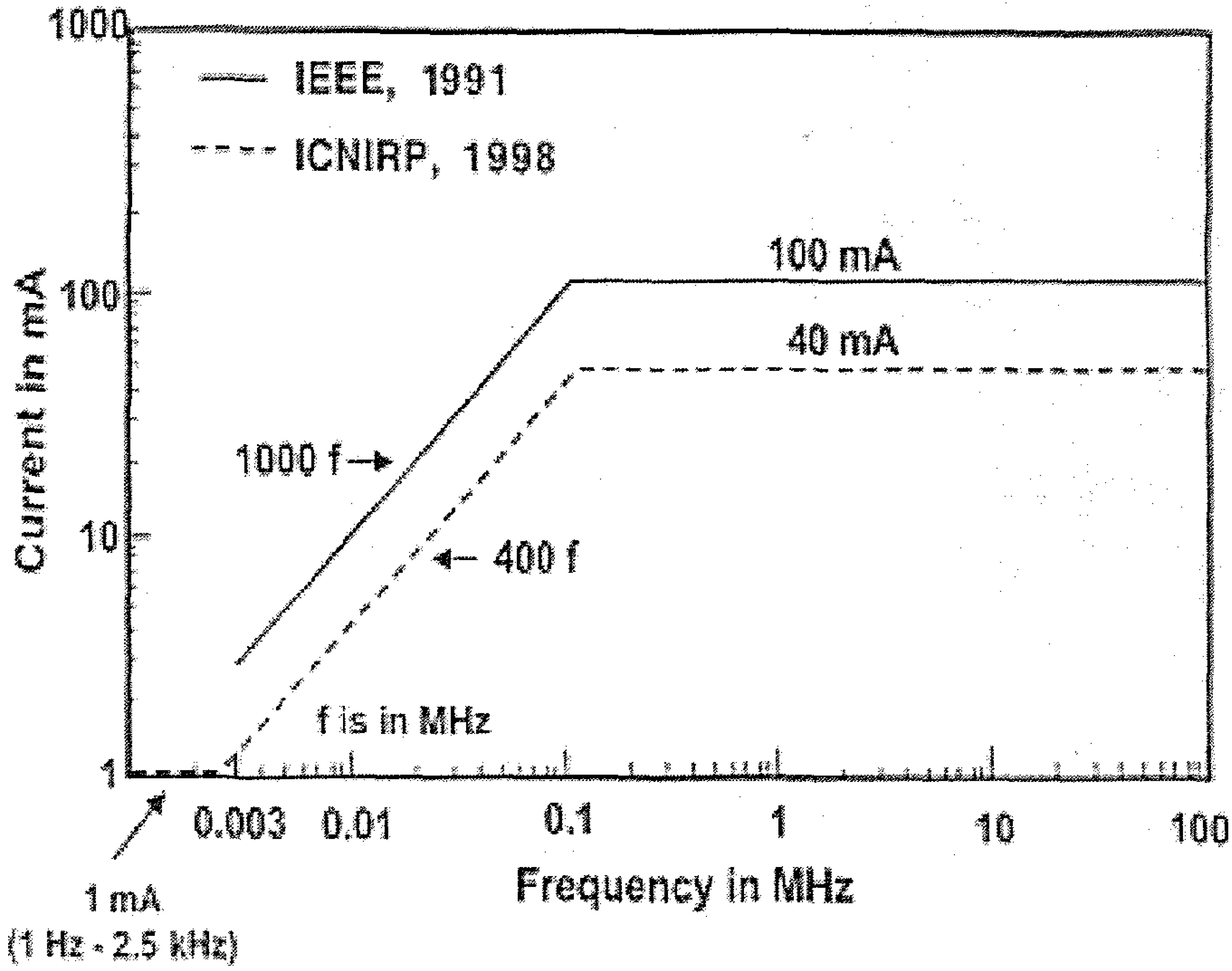
2 – 6 المستويات المرجعية للتيارات الملامسة والمحتثة

للترددات التي تصل إلى 110 ميجاهرتز ،و التي تضم حزم الترددات الراديوية المرسلة و المضمنة ترددياً(FM) ، فان المستويات للتيارات الملامسة الموضحة أعلاه والتي يجب توخي الحذر منها لتجنب مخاطر الصدمة والحروق .النقطة المرجعية لمستويات الاتصال موضحة في الجدول (2- 11) والشكل (2- 6). حيث إن عتبة التيارات الملامسة لها استجابة بيولوجية في الأطفال والنساء البالغات تتراوح بين ما يقرب من نصف والثلثين ، على التوالي ، أما بالنسبة للرجال البالغين ، فإن المستويات المرجعية للتيارات الملامسة لعامة الناس تكون أقل بعامل 2 من قيم التعرض المهني للمدى الترددي 10-110 ميجاهرتز ، المستويات المرجعية لتيارات ألأطراف تكون اقل من المحددات المفروضة على SAR الموضعية كما في الجدول(2- 12)

الجدول (2 – 11) المستويات المرجعية للتيارات المتغيرة مع الزمن من المواد الموصلة

مدى الترددات	التيار الأعظم (ملي أمبير)	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
<2.5 kHz	1.0	0.5
2.5 - 100 kHz	0.4f	0.2/f
100 kHz - 110 MHz	40	20

شكل (2 – 6) القيمة العظمى للمستويات المرجعية للتيارات الملامسة للعاملين



الجدول (2 - 12) المستويات المرجعية للتيارات المستحثة في الإطراف

تعرض الجمهور	التعرض المهني	مدى الترددات
التيار الأعظم (ملي أمبير)		
45	100	10 - 110 MHz

ملاحظة :

1. المستوى المرجعي مساو لمستوى المرجعية المهنية مقسوما على5 √.
2. للامتثال للمحددات الأساسية للمقدار الموضعي ،يساوي مربع الجذر التربيعي لمعدل الزمن قيمة مربع التيار المستحث لأي فترة من 6 دقائق من مقدار المستوى المرجعي.

من الصعب تحديد نوع وحجم الآثار الوخيمة للمجالات الكهرومغناطيسية EMF ، نظرا لعدم الدقة في المعلومات العلمية. مصادر عدم الدقة هذه تشمل التغيرات

الجوهرية في المعلومات البايولوجية ، الأخطاء التجريبية ، استقراء المعلومات من الحيوان إلى الإنسان ، والتحيز والإرباك. يتأثر انحراف المستويات المرجعية عن المحددات الأساسية كذلك بعدم الدقة في قياس الجرعات ، وتوصيف التعرض.

2 – 7 المستويات المرجعية في تكنولوجيا الهواتف الجوالة:

احد تطبيقات النهج الوقائي في تكنولوجيا الهواتف الجوالة هو وضع مبادئ توجيهية للتعرض من أشعاع الترددات الراديوية . النهج الذي اعتمد في إدارة المخاطر هو تحديد حدود التعرض أو المبادئ التوجيهية ، والتي دونها لا تحصل الآثار الضارة. أول المبادئ التوجيهية بشأن التعرض لإشعاع الترددات الراديوية وضعت في المملكة المتحدة من قبل المجلس الوطني للوقاية من الإشعاعات (NRPB)وتم قبولها وتنفيذها من قبل الإدارات الحكومية والوكالات.

تستند المبادئ التوجيهية بشأن إمكانية إشعاع الترددات الراديوية للتسبب بالمرض أو الإصابة من خلال تسخين أنسجة الجسم. في حين أن بعض البحوث اقترحت أن الآثار الصحية الضارة الناجمة عن التعرض قد تحدث عند قيم أقل من تلك المطلوبة لإنتاج تسخين أنسجة الجسم ، هذه الادله لا تعتبر متينة بما يكفي لتشكيل أساسا لاشتقاق المبادئ التوجيهية للتعرض. إرشادات التعرض الذي وضعه NRPB تتضمن القيود الأساسية حول معدل الامتصاص النوعي للطاقة (SAR). بالنسبة للهواتف الجوالة ، فان المحددات ذات الصلة هي للترددات بين 10 ميجاهرتز و 10 جيجاهرتز ، كما في الجدول (2 – 13). للتأكد من أن التعرض للفرد ضمن إطار المبادئ التوجيهية NRPB ، فمن الضروري أثبات أن أيا من المحددات الأساسية الأربعة لا يتم تجاوزها. معدل الامتصاص النوعي للطاقة (SAR) تم حساب معدلة خلال زمن التعرض معين وكتلة محددة من الأنسجة. متوسط الزمن يمكن تعينه بسبب الزمن الذي يستغرقه لرفع درجة حرارة الأنسجة عندما يتعرض الإنسان للإشعاع.

هذه القيود تنطبق على العاملين وأفراد الجمهور. وقد اســتند NRPB الـــي رأي مفاده أنها توفر حماية كافية ضد الآثار الضارة الحرارية للجميع الأفراد المعرضين و في كل الظروف. لان SAR لا يمكن أن تقاس بسهولة للإفراد الأحياء ،لــذلك فان المبادئ التوجيهية التي وضعتها NRPB قد حددت مستويات التحقق أيــضا investigation levels لشدة المجال الكهرومغناطيسي الخارجي ، التي عندها أو أقل منها تكون المحددات الأساسية والقيود المفروضة على الجسم كله لا يمكن أن تتجاوزSAR . إذا تم تجاوز مستوى التحقيق ، فينبغي التحقيق المفــصل لتحديــد وقياس SAR . بالنسبة للأطفال ، فييتم تطبيق تخفيضات إضافية في مــستويات التحقيق لكامل انجسم ، لأنه عند ترددات راديوية معينة، صغيرة فــان الأطفــال يمتصون طاقة اكبر من المجالات االكهرومغناطيسية الخارجية ، مقارنة بالبالغين. ويبين الجدول (2 –14) مستويات التحقيق لنطاق الترددات التي تغطيها الهواتف الجوالة.

الجدول (2 - 13) المحددات الأساسية للتعرض التي وضعها المجلس الوطني للوقاية من الإشعاعات (NRPB) عند الترددات 10 ميجاهرتز إلى 10 جيجاهرتز

النسيج	حدود SAR (واط /كغم)	المعدل	
		الكتلة (غم)	الزمن (دقيقة)
عموم الجسم	0.4	–	15
الرأس ، الجنين	10	10	6
الرقبة ، الجذع	10	100	6
الأطراف	20	100	6

الجدول (2 -14) مستويات التحقيق التي وضعها NRPB للتعرض من ترددات الهاتف الجوال

(f) المدى الترددي	شدة المجال المغناطيسي(H) (A/m)	شدة المجال الكهربائي E (V/m)	كثافة القدرة (S_q) (W/m^2)
400 – 800	0.26	100	26
800 – 1550	0.33*f*	125*f*	41f^2
1550 – 3000	0.52	194	100

f التردد ميجاهرتز

مستويات التحقيق الثلاثة المبينة في الجدول (2 -14) يتعلق بعضها مع البعض الأخر (على فرض أن المجال في المنطقة البعيدة (far-field region). وللتحقق من الامتثال لهذه المستويات، يتم قياس المجال الكهربائي أو المجال المغناطيسي. للجيل الحالي من الهواتف الجوالة والمحطات القاعديه فان مستويات التحقق تجرى في مدى الترددات 800- 900 ميجاهرتز فتكون كثافة القدرة بين 26 إلى 33 واط /م^2 و في مدى الترددات 1800-1900 ميجاهرتز فان مستوى التحقق 100 واط /م^2 .

كما تم وضع المبادئ التوجيهية بشأن التعرض لإشعاع الترددات الراديوية من قبل ألجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) وهي مماثلة للمبادئ التوجيهية التي وضعها الهيئة الوطنية البريطانية للوقاية من الإشعاع NRPB والتي صممت لمنع المرض والضرر من أثار التسخين. نقطة البدء هي التغييرات السلوكية التي وجدت عندا تعرض حيوانات التجارب لإشعاع الترددات الراديوية في المستويات التي تؤدي إلى0 ارتفاع درجة حرارة الجسم كله ما يزيد على درجة سليزية واحدة. عندما تصبح قيم بين1-4 واط / كجم أو أعلى وهي المطلوبة لحدوث هذه التغييرات (1 واط / كجم عندما تتعرض الحيوانات في ظروف ضارة من درجات الحرارة والرطوبة وحركة الهواء ، و 4 واط / كجم

تحت الظروف البيئية العادية). افترض (ICNIRP) بأنه لا يوجد دليل مؤكد عن أي تأثير من شأنه أن يضعف الصحة في مستويات واطئة من التعرض للإشــعاع الترددات الراديوية .

المبادئ التوجيهية التي وضعها (ICNIRP)، على النقيض من المبادئ التوجيهية التي وضعها (NRPB)،لان الأولى وضعت المبادئ التوجيهية لعامة الناس اقل من التعرض المهني للعاملين. قيم التعرض المهني والحدود المفروضـــة علـــى SAR مساوية لتلك التي أوصى بها NRPB الجدول (2 –15) ، إلا أن متوسط الـــزمن ست دقائق معدل الكتلة 10 جرام والتي تطبق إلى قيم SAR الثلاثة في الجدول.

المبادئ التوجيهية لتعرض ألجمهور تكون أقل بخمس مرات مما للتعرض المهني والغرض من هذا الفرق يعود للأسباب التالية:

- التعرض لظروف بيئية قاسية مثل درجات الحرارة المرتفعـــة ،الرطوبـــة العالية ، وانخفاض حركة الهواء و زيادة العـــبء الحـــراري thermal burden من التعرض للأشعة المنبعثة من الترددات الراديوية.

الجدول (2 -15) المحددات الأساسية التي وضعتها ICNIRP عن التعرض المهني وتعرض عامة الناس (بين قوسين) عند الترددات 10 ميجاهرتز إلى 10 جيجاهرتز

النسيج	حدود SAR (واط /كغم)	المعدل	
		الكتلة (غم)	الزمن (دقيقة)
عموم الجسم	**0.4** (0.08)	–	6
الرأس ، الجذع	**10** (2)	**10**	**6**
الأطراف	**20** (4)	**10**	**6**

- الحساسية العالية للحرارة في مجموعات معينة من السكان مثل الضعفاء ، كبار السن ،الرضع ،الأطفال الصغار ، والأشخاص الذين يعـــانون مـــن الأمراض أو يتناولون الأدوية التي توازن تحمل الحرارة.

- العمال عادة ما يكونون من البالغين الأصحاء ويتعرضون في ظل ظروف مسيطر عليها ، وهم مدربون للوقاية من المخاطر المحتملة ، واتخاذ الاحتياطات المناسبة لتجنب التعرض غير المبرر. ولا يمكن لعامة الناس أن تتخذوا نفس الاحتياطات.
- العمال يتعرض فقط خلال ساعات العمل (8 ساعات في اليوم لمدة 5 أيام أي أن الزمن الكلي 40 ساعة). في حين يمكن أن يتعرض الجمهور لمدة 24 ساعة في اليوم الواحد (24 ساعة في اليوم لمدة 7 أيام أي أن الزمن الكلي 168 ساعة) أي أن التعرض الكلي لمدة أسبوع للجمهور يقرب من خمس مرات في ذلك العمال) ، ومن هنا وضع عامل سلامة إضافية لعامة الناس).
- عادة ما تعتبر الأطفال والرضع على أنهم أكثر حساسية للتعرض من العوامل ألفيزيائية والكيميائية أو البايولوجية. في الترددات الأعلى ، يمتص الأطفال المزيد من الطاقة من المجالات الكهرومغناطيسية الخارجية ، مقارنة بالبالغين.

المبادئ التوجيهية مع المستويات المرجعية ألتي وضعتها ICNIRP مماثلة لمستويات التحقق ألتي وضعها NRPB ، وهذه تعكس أيضا العامل خمسة وهو الفرق بين الحدود الأساسية لتعرض للجمهور والتعرض المهني. بشكل عام وعند مدى الترددات المستخدمة في الهواتف الجوالة ،فان المستوى المرجعي للجمهور الذي وضعه ICNIRP أقل (من حيث كثافة الطاقة) من مستوى التحقق الذي وضعه NRPB بمعامل يتراوح ما بين 6.5 و 11. المستوى المرجعي للجمهور الذي وضعته ICNIRP للترددات المستخدمة في الهاتف الجوال موضحة في الجدول (2 – 16). المستويات المرجعية للاتصالات في الهاتف الجوال في مدى الترددات 800– 1000 ميجاهرتز تساوي 4 – 5 واط /م^2 وعند الترددات 1800– 1900 ميجاهرتز تساوي من 9 – 9.5 واط /م^2.

الجدول (2 - 16) المستوى المرجعي لتعرض ألجمهور الذي وضعته ICNIRP للترددات المستخدمة في الهاتف الجوال

(f) المدى الترددي	شدة المجال الكهربائي E(V/m)	شدة المجال المغناطيسي(H) (A/m)	كثافة القدرة(S_q) (W/m^2)
400 – 2000	$1.375f^{½}$	$0.0037f^{½}$	f / 200
2000 – 3000	61	0.16	10

f التردد ميجاهرتز

بعد المقارنة التفصيلية للمبادئ التوجيهية مع المستويات المرجعية التي وضعتها ICNIRP و NRPB وآثار ذلك على عملية تقييم المخاطر ، أصدر المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع التوصيات التالية:

- خلص المجلس إلى أن الحدود ألأساسية للتعرض المهني في المبادئ التوجيهية ألتي وضعتها ICNIRP لا تختلف بأي حال من الأحوال بشكل كبيرة من تلك التي سبق وأن أوصت بها NRPB وليس لها أي تأثير على المبادئ التوجيهية في المملكة المتحدة . لأفراد الجمهور .
- خفضت ICNIRP بعامل يصل إلى خمسة عند وضع الحدود الأساسية عبر مدى مجموعة الترددات التي تصل إلى 300 جيجاهيرتز. مع ذلك ، لا يتوفر دليل علمي يدعم التخفيض الإضافية.

يعتقد المجلس بان التوصيات في المملكة المتحدة التي وضعتها NRPB بشأن الحد من التعرض لعامة الناس يوفر حماية كافية من الآثار المباشرة وغير المباشرة ، وأن أي فوائد صحية يمكن الحصول عليها من إجراء المزيد من التخفيضات في التعرض. لذلك لا يوجد أي مبرر علمي ، لتغيير المشورة التي وضعتها NRPB على حدود التعرض لأفراد الجمهور. هولا ، ولكن هناك عوامل أخرى قد تحتاج إلى أن تؤخذ في الاعتبار من قبل الحكومة في وضع المبادئ التوجيهية للتعرض لعموم الجمهور

الفصل الثالث

الهوائيات Antenna

1-3 المقدمه:

يعرف ألهوائي بأنة محول للطاقة transducer ، حيث إنه يحول الطاقة من شكل إلى آخر فهوائي الاستقبال يحول الطاقة الكهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو مغناطيسية. أما هوائي الإرسال فأنة يحول التغييرات في الطاقة الكهربائية أو المغناطيسية إلى طاقة كهرومغناطيسية لان تولد التيار المحتث في الهوائي يحث المجالات الكهربائية والمغناطيسية. يمكن للهوائي أن يبث مجموعة واسعة من الترددات ،تتراوح من جزء من كيلوهيرتز إلى أكثر من مائة جيجاهيرتز.

الهوائي عبارة عن محيط متذبذب مفتوح لغرض بث وتسليم الموجات االكهرومغناطيسية حيث تحول طاقة الموجات الكهرومغناطيسية إلى تيارات كهربائية، وبالعكس ويصمم لبث واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية . تستخدم الهوائيات في البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات ويتكون الهوائي من موصل واحد أو أكثر، ففي حالة الإرسال يطبق على الهوائي تيار متردد ، مما يسبب توليد مجالين متعامدين احدهما كهربائي وأخر مغناطيسي (موجات كهرومغناطيسية) تبث في الفضاء ويحصل العكس في حالة لاستقبال. التيارات الكهربائية المترددة نحصل عليها باستعمال دائرة اهتزاز كهربائي مغلقة تتكون من ملف كهربائي ومتسعة تولد محيط متذبذب مغلق هو تذبذب المجال الكهربائي المحصور في منطقة محدودة من الفضاء (بين لوحي المتسعة) ولكي نجعل تذبذب وانتشار المجال الكهربائي في محيط واسع من الفضاء ، نستعمل المحيط المتذبذب المفتوح باستعمال دائرة اهتزاز كهربائي مفتوحة ويتم ذلك بإبعاد لوحي المتسعة إلى ابعد نقطتين ويكون المحيط المتذبذب أكثر كفاية من المحيط المتذبذب المغلق في بث الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء إلى مسافات بعيدة. استخدم الهوائي لأول مرة العالم هرتز في عام 1888 لإثبات وجود الموجات الكهرومغناطيسية التي تنبأت بها نظرية ماكسويل . ومن الشروط اللازمة لجعل الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة

من الهوائي تصل إلى مسافات بعيدة يجب توفر تيار كهربائي عالي الشدة واهتزاز وتردد عالي.

2-3 العوامل التي يعتمد عليها عمل الهوائي Antenna Parameters

هناك خمسة معايير أساسية لتحديد عمل وأداء الهوائي وهي :

1 - خواص مقاومة الاشعاع radiation resistance.

مقاومة الإرسال (R_{rad}) للهوائي تتناسب طرديا مع القدرة الكهربائيـــة المجهـــزة (P_{rad}) للهوائي والتيار المتدفق في ألهوائيI حسب المعادلة التالية :

$$R_{rad} = \frac{P_{rad}}{I^2}$$

يتضح من المعادلة اعلاة بان زيادة مقاومة للإشعاع ،تؤدي إلى زيـــادة الطاقـــة المرسلة أو المستلمة للهوائي.وتكون الكفاءة اكبر عندما تتساوى مقاومة الارســـال للهوائي مع مقاومة الإرسال أو الاستقبال (هذا النظام هو الأمثل). الهوائيات لهـــا مقاومة اومية فعند نقصانها تنقص الكفاءة.

2 - نمط الهوائي antenna pattern.

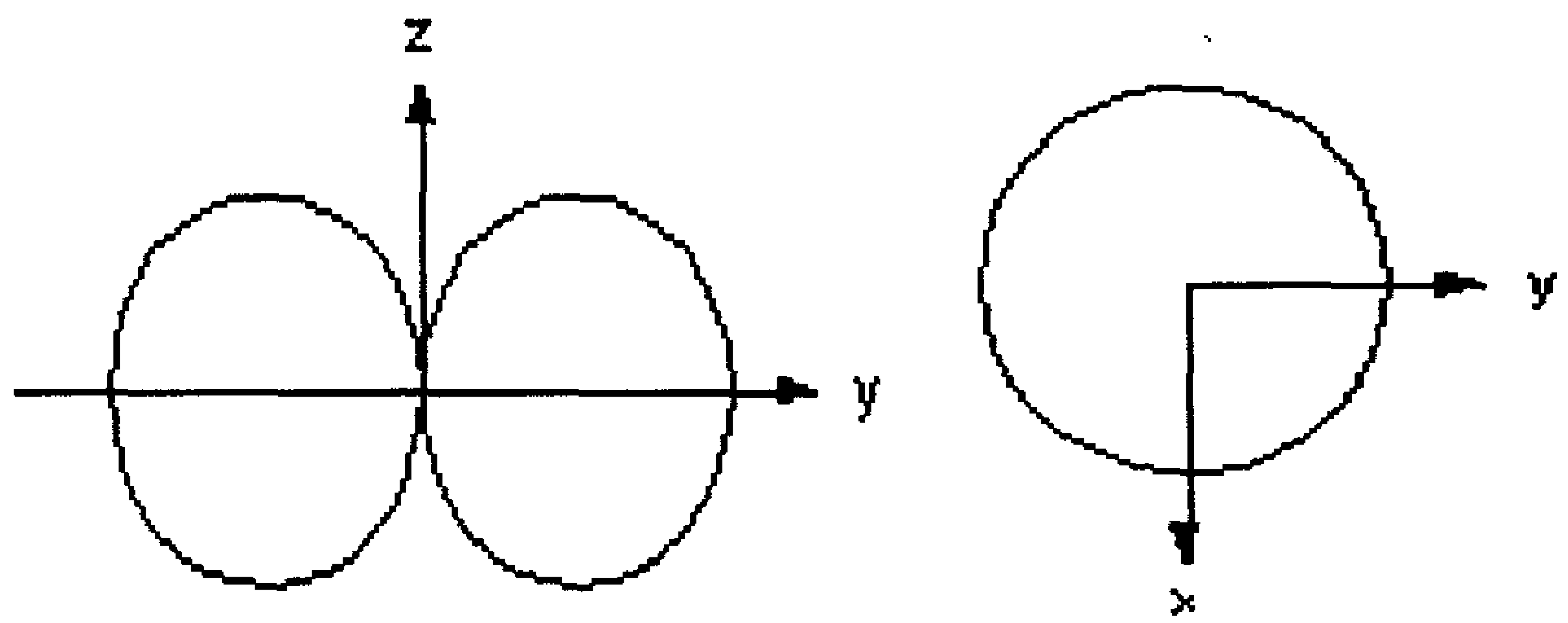
وهو توزيع الطاقة المرسلة كدالة للاتجاه في الفضاء. عموما فان نمـــط الإرســـال سوف يظهر بشكل مقاطع مستوية بدلا من المستويات بثلاثة إبعاد كاملة. ألـــشكل الأكثر أهمية هي تلك التي يكون لها نمط المستوي E الأساسي É-plane والنمط H-plane H. نمط المستوي E يحتوي على مستوى المجال الكهربائي. إما نمط H فأنة يحتوي على مستوى المجال المغناطيسي. كما هو مبين في الشكل(3 -1) الذي يعطي نمط هوائي ثنائي القطب لنصف الموجة والذي يكون بالاتجاه Z.

3 ـ الاتجاهيه:

معظم الهوائيات لا تشع بشكل منتظم ، كما هو مبين في الشكل (3 -1 أ). هـذا يعني أن هناك بعض الاتجاهيه . تعتمد الاتجاهيه على كسب (ربح) ألهـوائي وهي مقياس لقدرة الهوائي على تركيز قدرة الإرسال في اتجاه معين و تعطـى عادة في ديسي بيل ،وهي نسبة الطاقة الإرسالية الخارجة إلى الطاقـة الإرسـالية الداخلة . وبالتالي فإن استخدام هوائي ذات كسب أعلى بتطلب قدرة داخلة اقـل . في الناحية العملية يكون الكسب أكثر أهمية من الاتجاهيه.

الشكل (3 -1) أ- النمط الأساسي E لثنائي القطب ب - النمط الأساسي H لثنائي القطب

ب أ



عـرض الحزمـة Bandwidth.

وهي احد العوامل المهمة لأداء الهوائي والتي تشير إلى شمولية الترددات المتاحة والتي تقع خارج التردد المركزي. فمثلا ، مرسل يعمـل علـى 10 ميجـاهرتز بعرض حزمة 10 % فأنة سوف يرسل المعلومـات علـى التـرددات مـن 9 ميجاهرتز إلى 11 ميجاهرتز.

5 - نسبة إلا شارة إلى الضوضاء signal-to-noise ratio

وهي العلاقة بين إشارة المعلومات المطلوبة والضوضاء. إذا كانت هذه النسبة لا تتجاوز الواحد ،فان المعلومات لا يمكن نقلها. يمكن أن تتكون الضوضاء نتيجـة للعوائق ، المسافات الكبيرة بين الهوائيات ، والضوضاء الناتجة عـن التـرددات

اللاسلكية في المحيط، مثل خطوط إمدادات الطاقة الكهربائية ومفـاتيح الأجهـزة الرقمية.

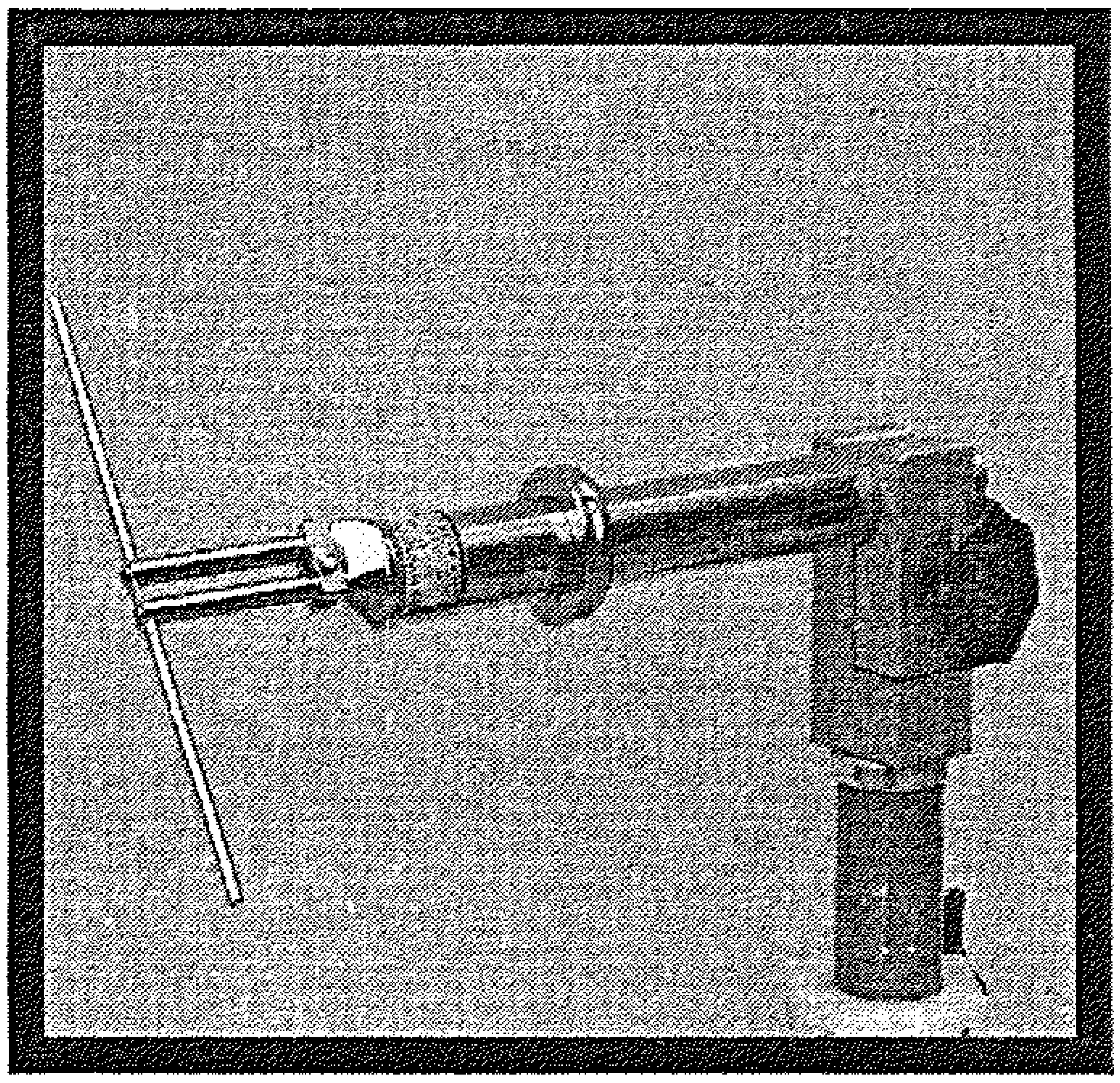
3-3 أنواع الهوائيات

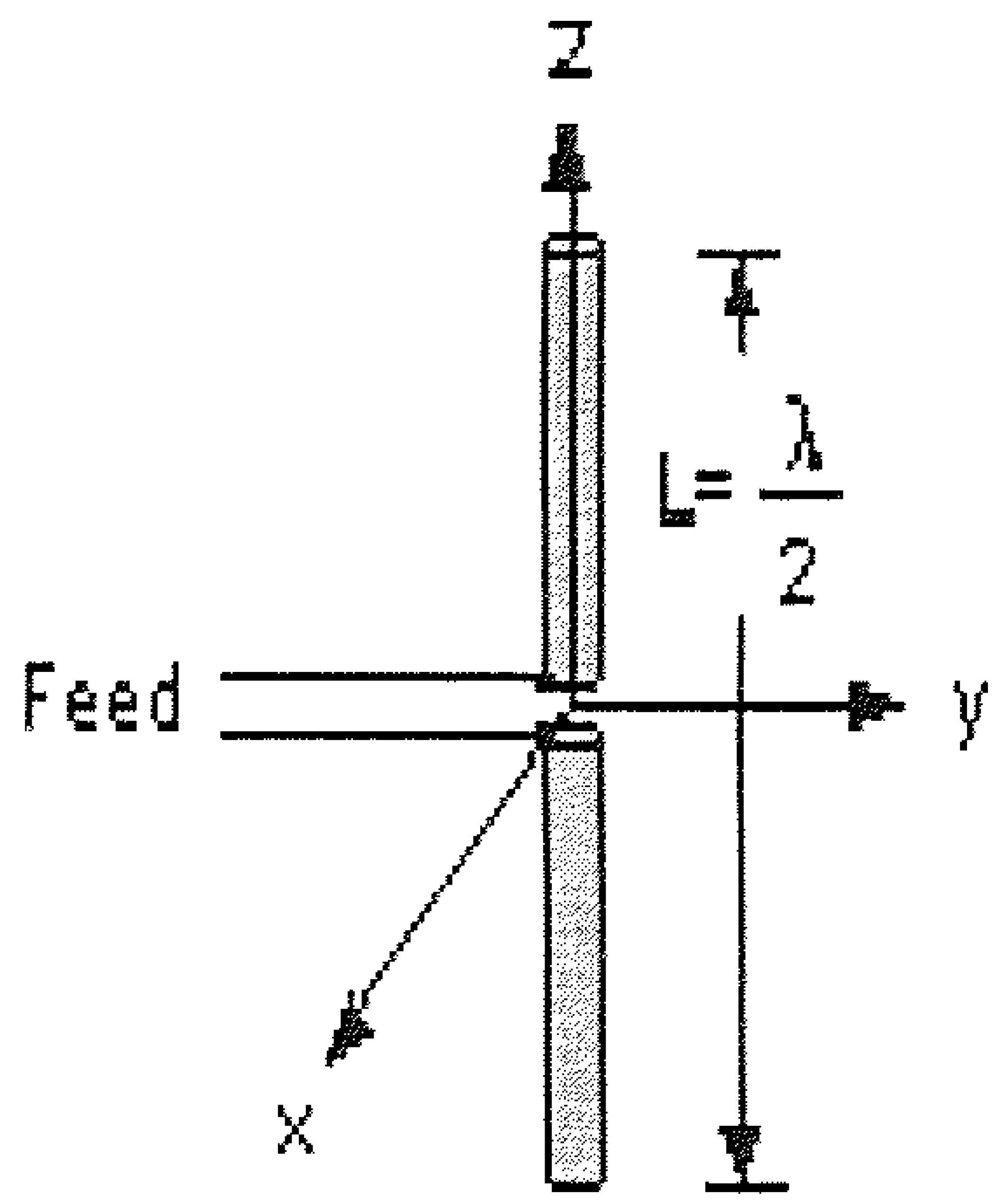
1 – الهوائي ثنائي وأحادي القطب و Diploes & Monopoles :

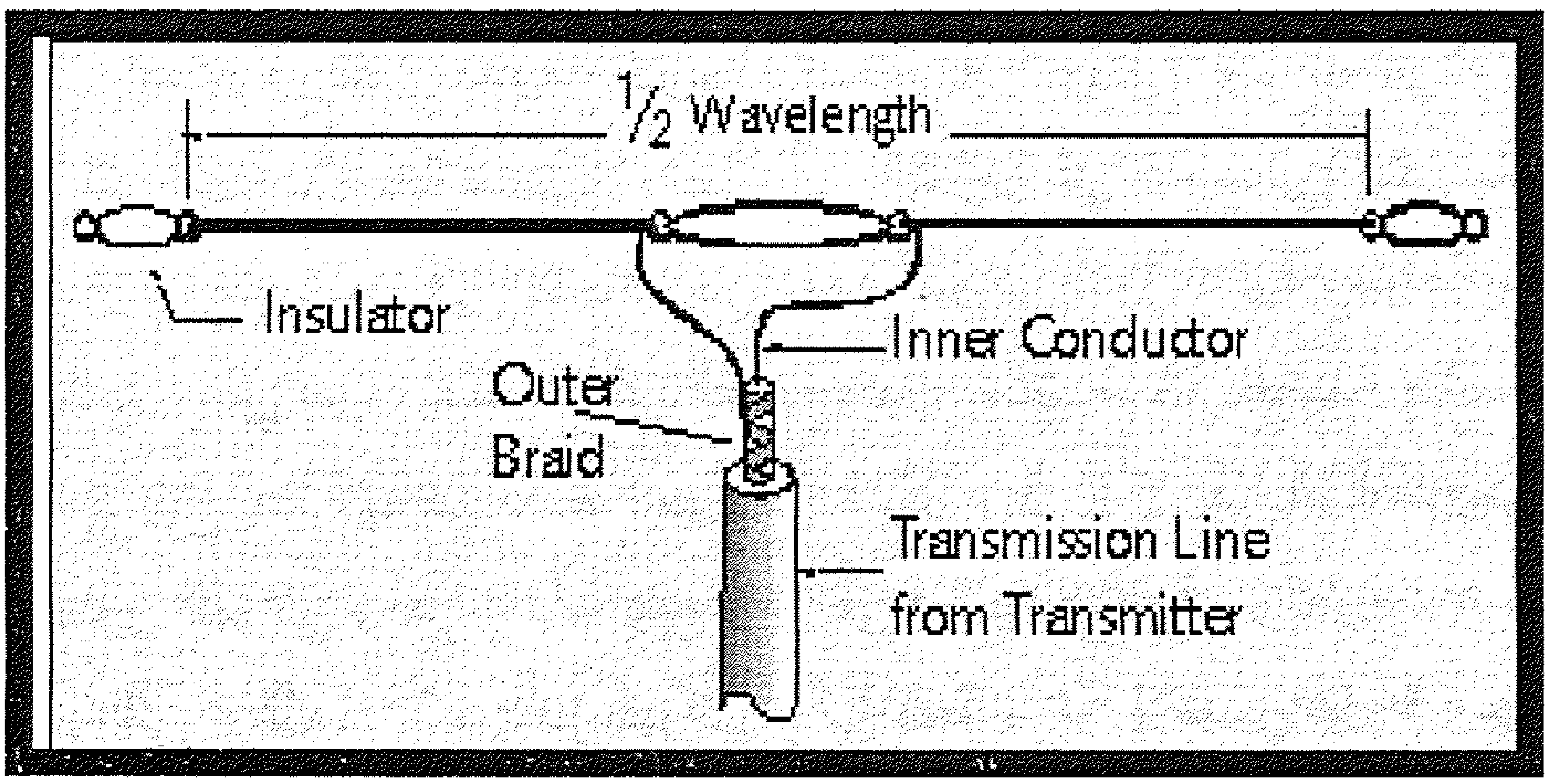
هوائي ثنائي القطب من أكثر الهوائيات انتشارا في العالم وقد يبلغ طول الهـوائي نصف الطول ألموجي أو اقل أو أكثر.شكل (3 -2). هو سلك طويل يتم تعليقـه بين نقطتين و يقطع ألسلك لطول معين ، ويتم تغذية في المنتصف بواسطة إشـارة الترددات الراديوية (اللاسلكية) . يتم توصيل نصف الهوائي إلى السلك الأرضـي لخط الإرسال ، والآخر يتم توصيلة إلى موصل مركزي . يـتم تطبيـق إشـارة الترددات الراديوية على قطعة من الأسلاك ، وبذلك يتكـون مجـال مغناطيـسي وكهربائي حول السلك. هذه الموجات سوف تنتقل خلال الهواء بـدون حـدود . وعندما تصل المجالات المغناطيسية والكهربائية إلى هوائي أخر (أو تنعكس عـن أي جسم معدني في الطريق) فيحصل التأثير المعاكس حيث أن التغير ألسريع فـي المجالات المتولد في الترددات اللاسلكية يولد تيـار يمكـن الكـشف بمنظومـة الاستقبال. يمكن أن تكون مقاومة الإرسال المحسوبة 73.1 اوم. هوائي ثنـائي القطب تتم تغذيته بواسطة سلكين ، حيث أن التيارين في الموصلين متـساويين في المقدار ومتعاكسين في الاتجاه ولان نهاية الهوائي تكون دائرة مفتوحة ، فإن توزيع التيار على طول نصف ثنائي القطب يكون بشكل موجة جيبيـه ، الـشكل (3 -3). ينتج هذا الهوائي النمط المبين في الشكل (3 -1). هذا الـنمط يظهـر عندما يكون الهوائي رأسيا ، فأنة يشع أكثر في الاتجاه الأفقي ، والقليل جدا مـن نهاية الهوائي. والكسب النموذجي لهوائي ثنائي القطب هو 2 ديسي بيل ، وعرض الحزمة حوالي 10 %.

أما هوائي أحادي القطب فهو نصف ثنائي القطب ويوضع دائما فوق المستوى الأرضي ground plane بالإضافة إلى مستوى التوصيل التام. و يتصرف الهوائي بطريقة مشابهة لثنائي القطب ، ولكن معظم عواملها تصبح نصفا. ويبين الشكل (3 -4). هوائي أحادي القطب بربع طول الموجة ، ويسمى أحيانا هوائي السوط الرأسي

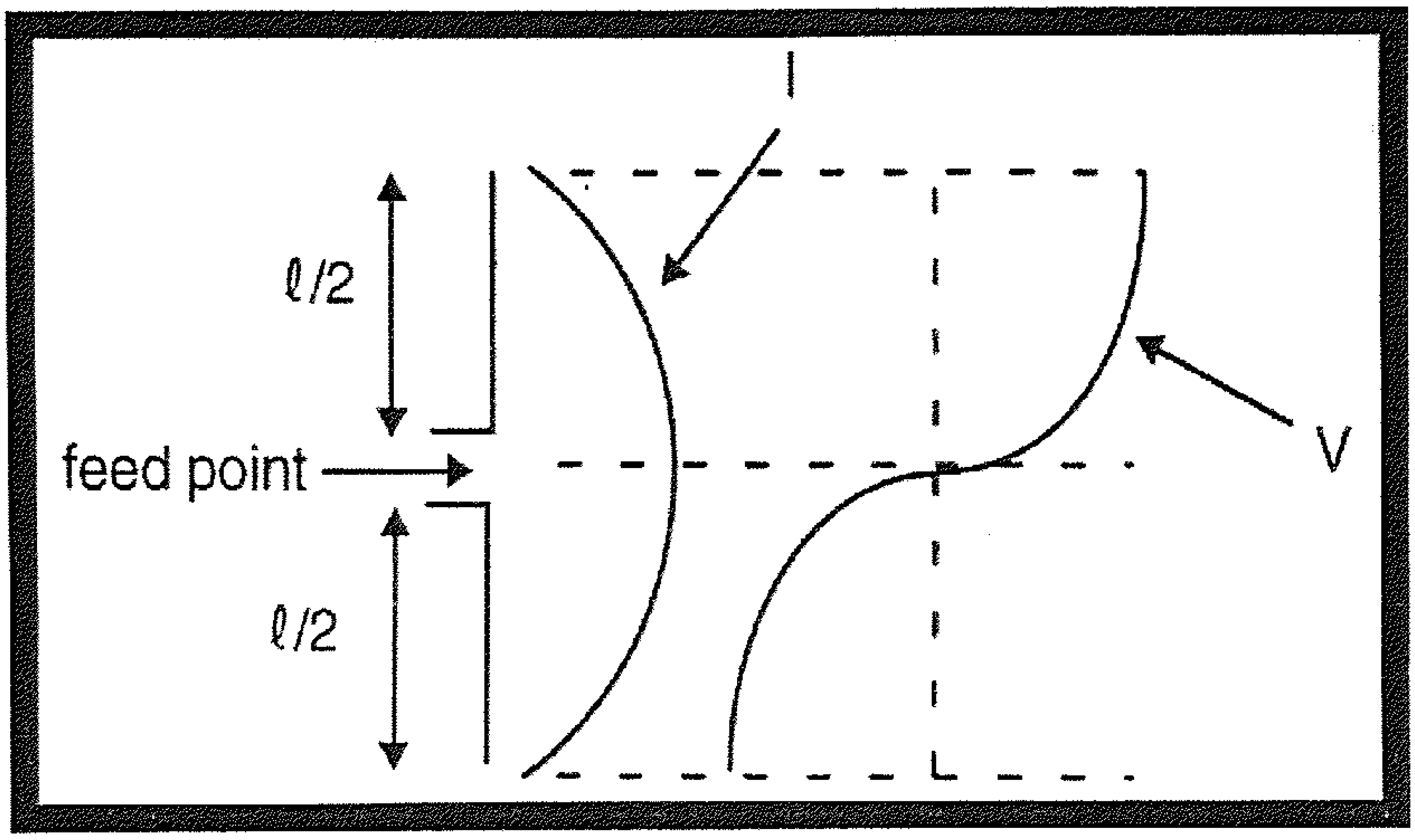
شكل (3 -2). هوائي ثنائي القطب بنصف الطول ألموجي



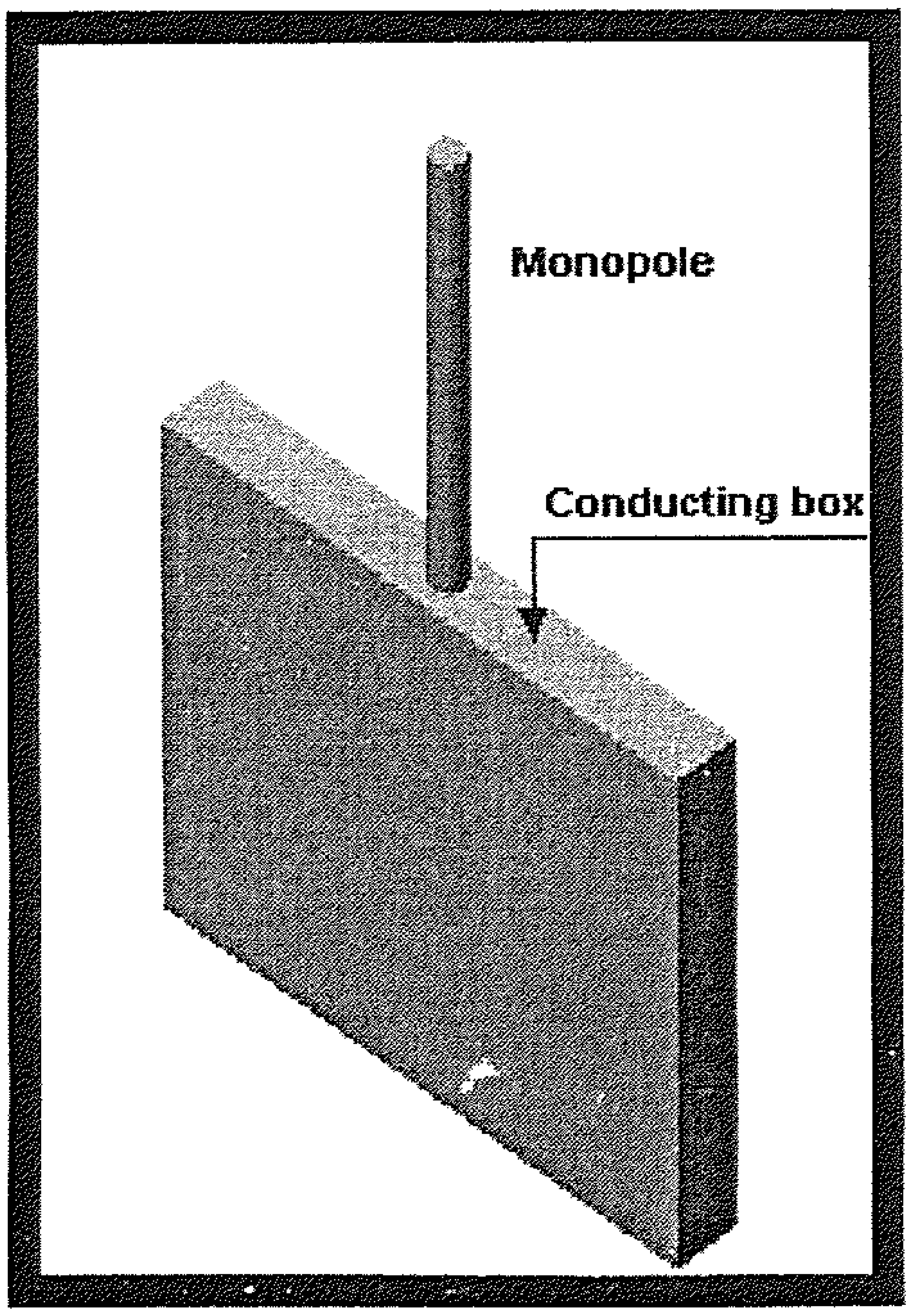


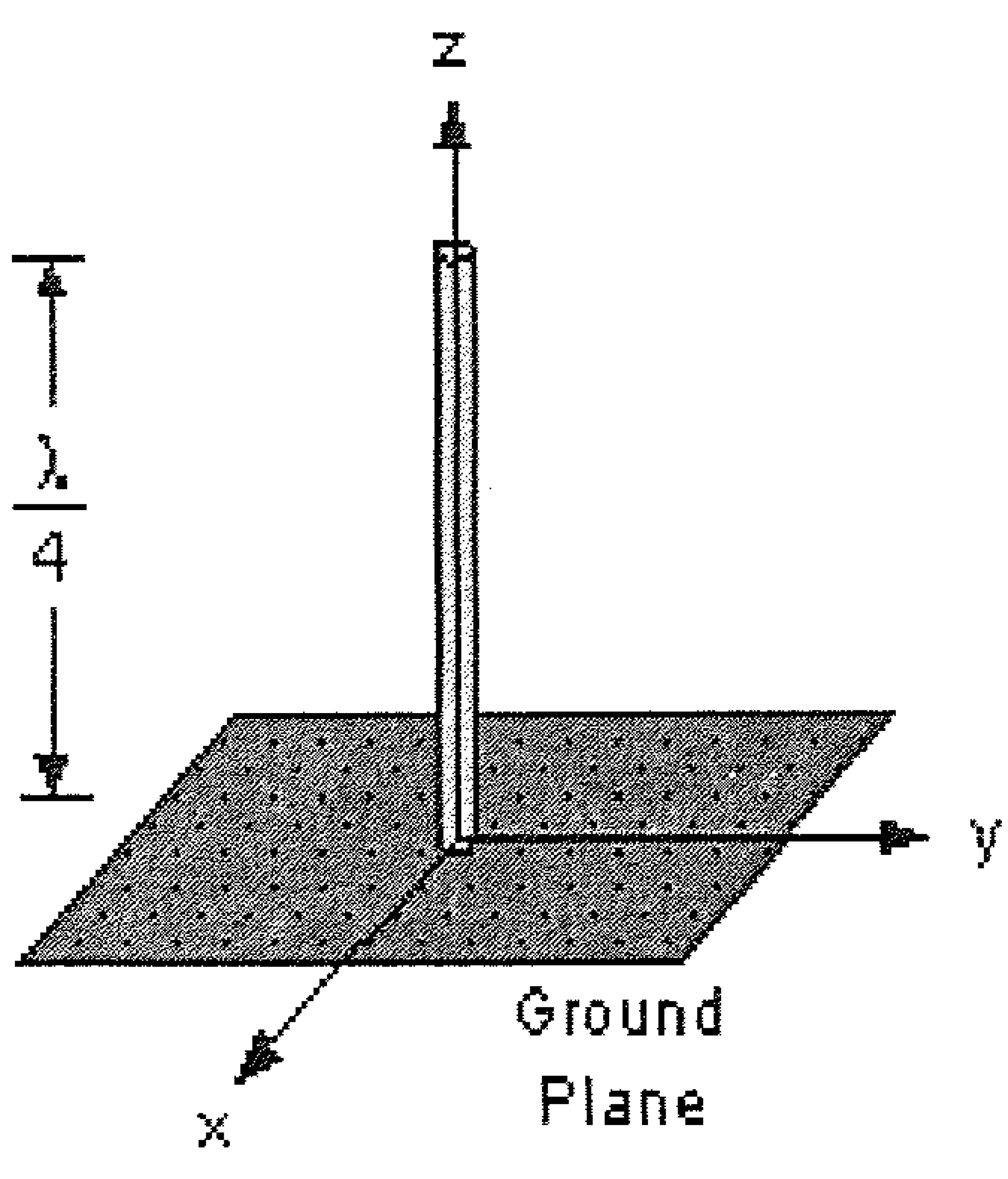


شكل (3 -3). توزيع الفولطية والتيار في هوائي ثنائي القطب بنصف الطول الموجي



الشكل (3 -4) هوائي أحادي القطب بربع طول الموجة

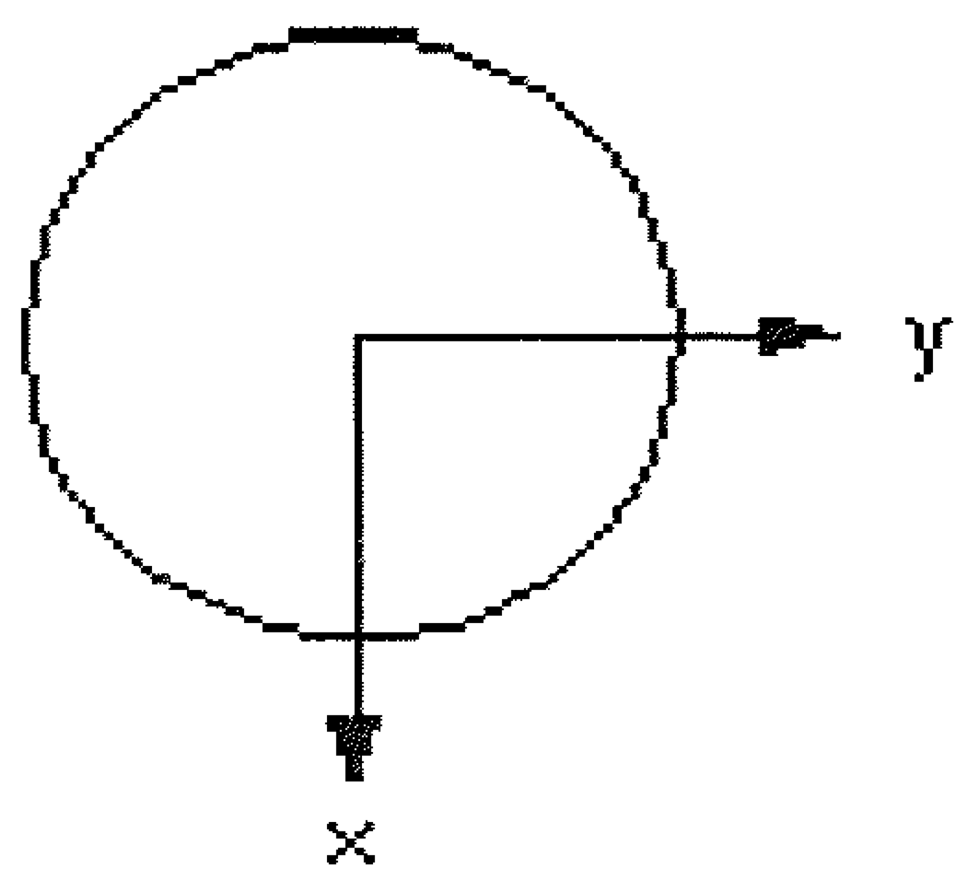


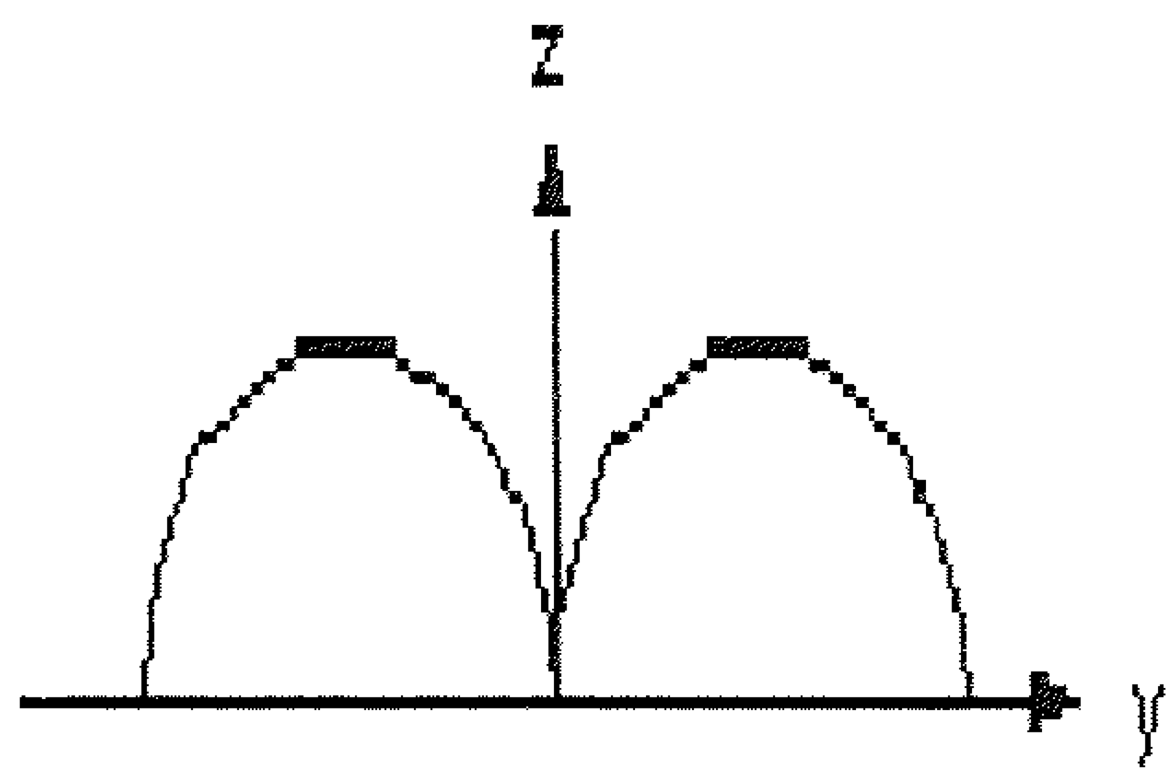


مقاومة الإرسال هي 36.5 Ω وهي نصف قيمة المقاومة لثنائي القطب. إجمـــالي القدرة المرسلة تساوي نصف قدرة ثنائي القطب أيضا ،نمط الإرسال مبـــين فـــي الشكل (3 -5). والكسب النموذجي لهوائي أحادي القطب يتراوح بين 2 إلـــى 6 ديسي بيل ، وعرض الحزمة حوالي 10 ٪.

الشكل (3 -5). أ- النمط الأساسي E لأحادي القطب
ب - النمط الأساسي H لأحادي القطب

أ ب

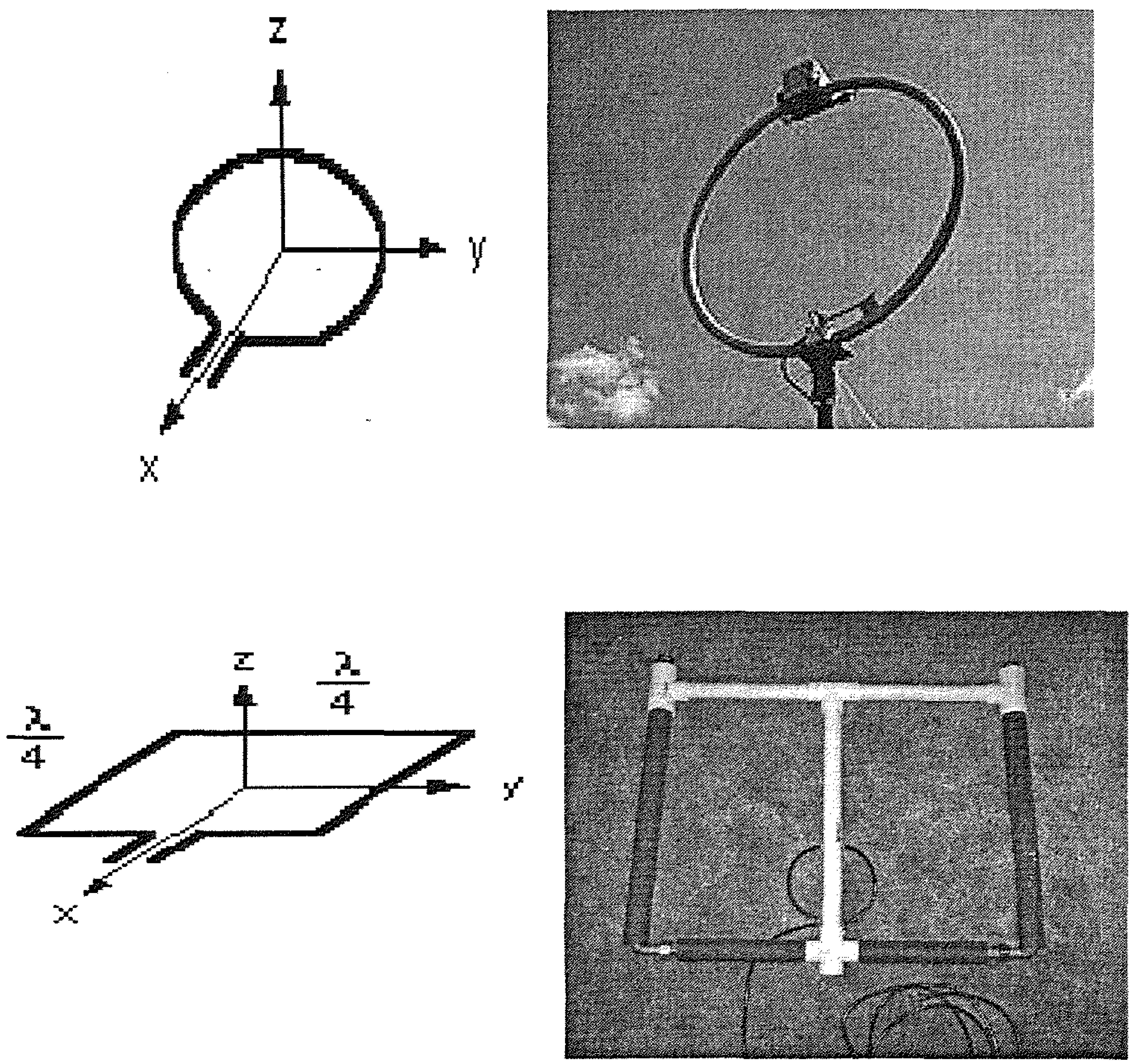




2 – هوائي الحلقة loop antenna:

هوائي الحلقة يكون بشكل موصل منحنى دائري مغلق أو مربع مغلق ، مع وجود فجوة في الموصل لتكون الأقطاب.

الشكل (3 -6). **الشكل (3 -6) هوائي بشكل حلقة دائرية و أخرى مربعة**

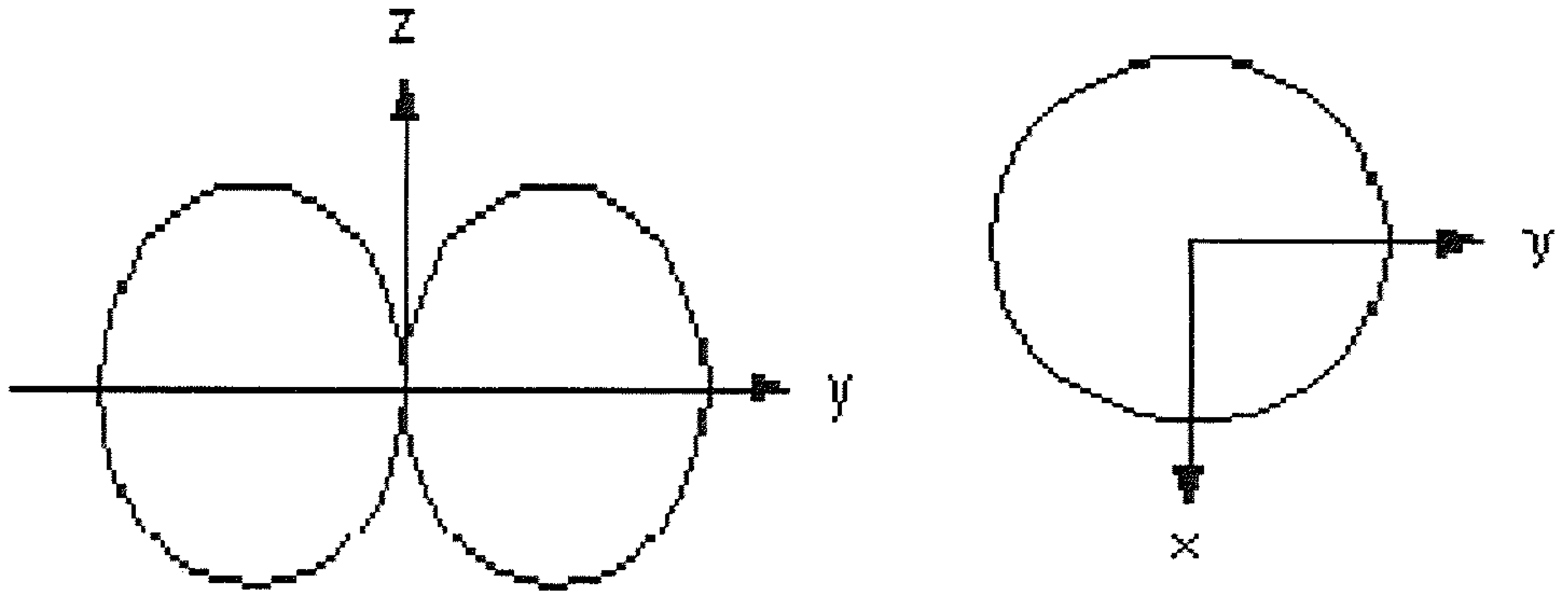


. يدل على حلقة دائرية و أخرى مربعة. وقد تكون هذه الهوائيات على شكل حلقات متعددة المنحنيات أو بشكل ملف ، مصممة مع سلسلة من التوصيلات للحلقات المتعددة. هناك حجمين من الهوائيات حلقة كهربائية صغيرة و حلقة كهربائية كبيرة. فإذا كان الطول الكلي للموصل صغير بالمقارنة مع الطول ألموجي ، فإنه يعتبر كحلقة صغيرة. أما إذا محيط الحلقة الكهربائية يقترب طول موجي واحد فيعتبر كحلقة كبيرة. التوزيع الحالي على هوائي حلقة صغيرة يفترض أن يكون متجانسا. وهذا يسمح بتحليلها باعتبارها موصل يرسل الطاقة.

عندما تستخدم أجهزة الإرسال الهوائيات الحلقية فيكون لها نمط كما في الشكل (3 -7). يتراوح كسب هوائيات الحلقة بين 2 –3 ديسي بيل وعرض الحزمة حوالي 10 %.

الشكل (3 -7) أ- النمط الأساسي E لهوائي حلقي
ب - النمط الأساسي H لهوائي حلقي

أ ب



3 – هوائي الأشرطة الدقيقة The microstrip or patch antenna:

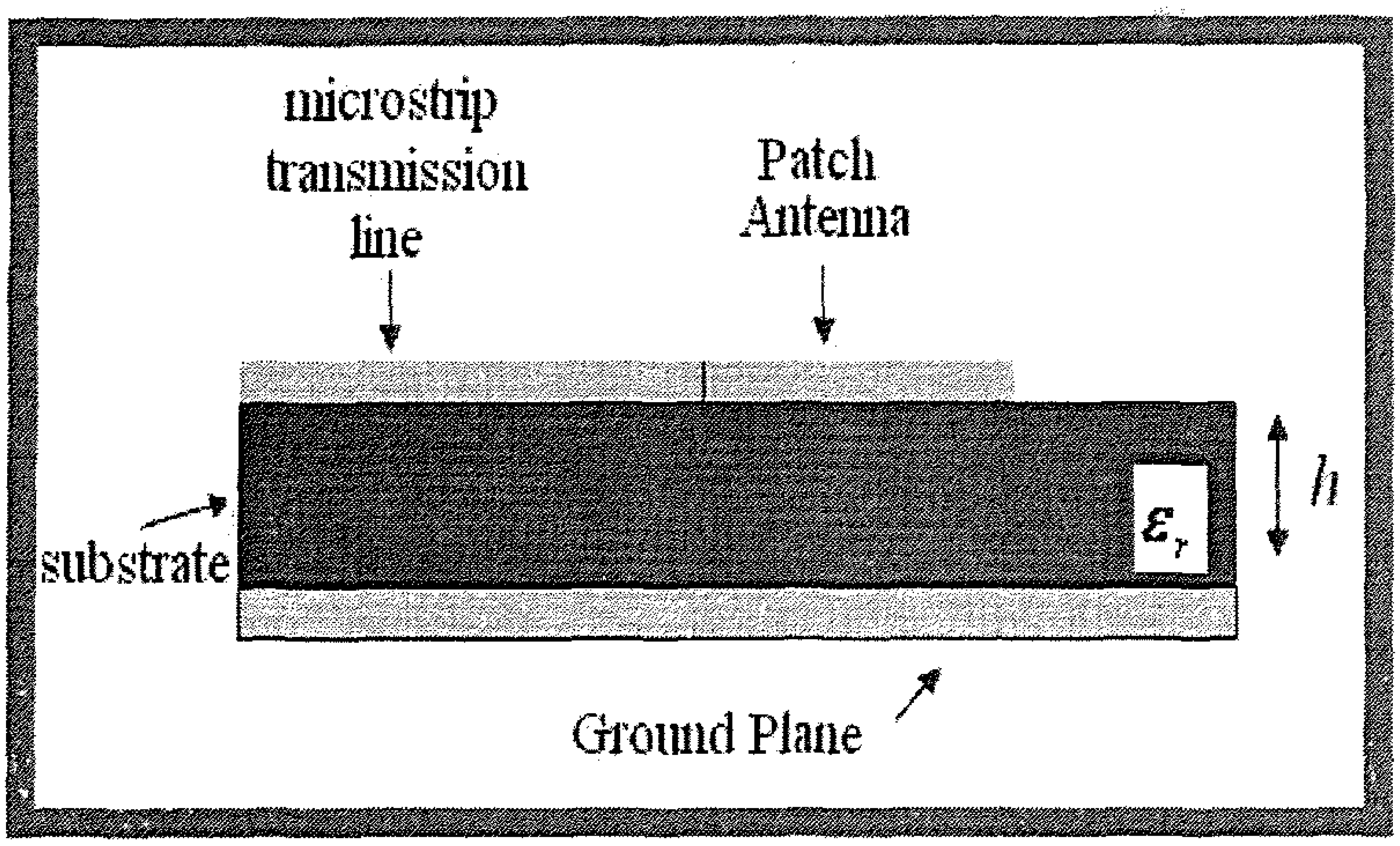
هوائي الأشرطة الدقيقة يستخدم الآن بشكل واسع في الهاتف الجوال لأنة يمكن طباعته مباشرة على لوحات الدوائر الالكترونه فهي منخفضه التكلفة ويمكن تصنيعها بسهولة. يكون الهوائي كعنصر مستطيل الشكل يحفر ضوئيا photo etched من جانب واحد من اللوحة الشكل (3 -8). معظم عناصر الأشرطة الدقيقة يمكن تغذيتها بموصل محوري coaxial conductor يلحم على الركيزة substrate الخلفية من المستوى الأرضي. وعادة ما تكون لوحة الموصلات العلوية أصغر من المستوى الأرضي لغرض تهديب المجال الكهربائي. المادة العازلة بين الأشرطة الدقيقة و المستوى الأرضي هو قاعدة الدائرة المطبوعة.الهوائي له مقاومة إرسال كفوءة ومصدر هذا الإرسال هو المجال الكهربائي الذي يتحفز بين حافات عناصر الأشرطة الدقيقة والمستوى الأرضي .

المعادلة لمقاومة الإرسال تكون دالة للطول ألموجي(λ) وعرض الأشرطة الدقيقــة (W):

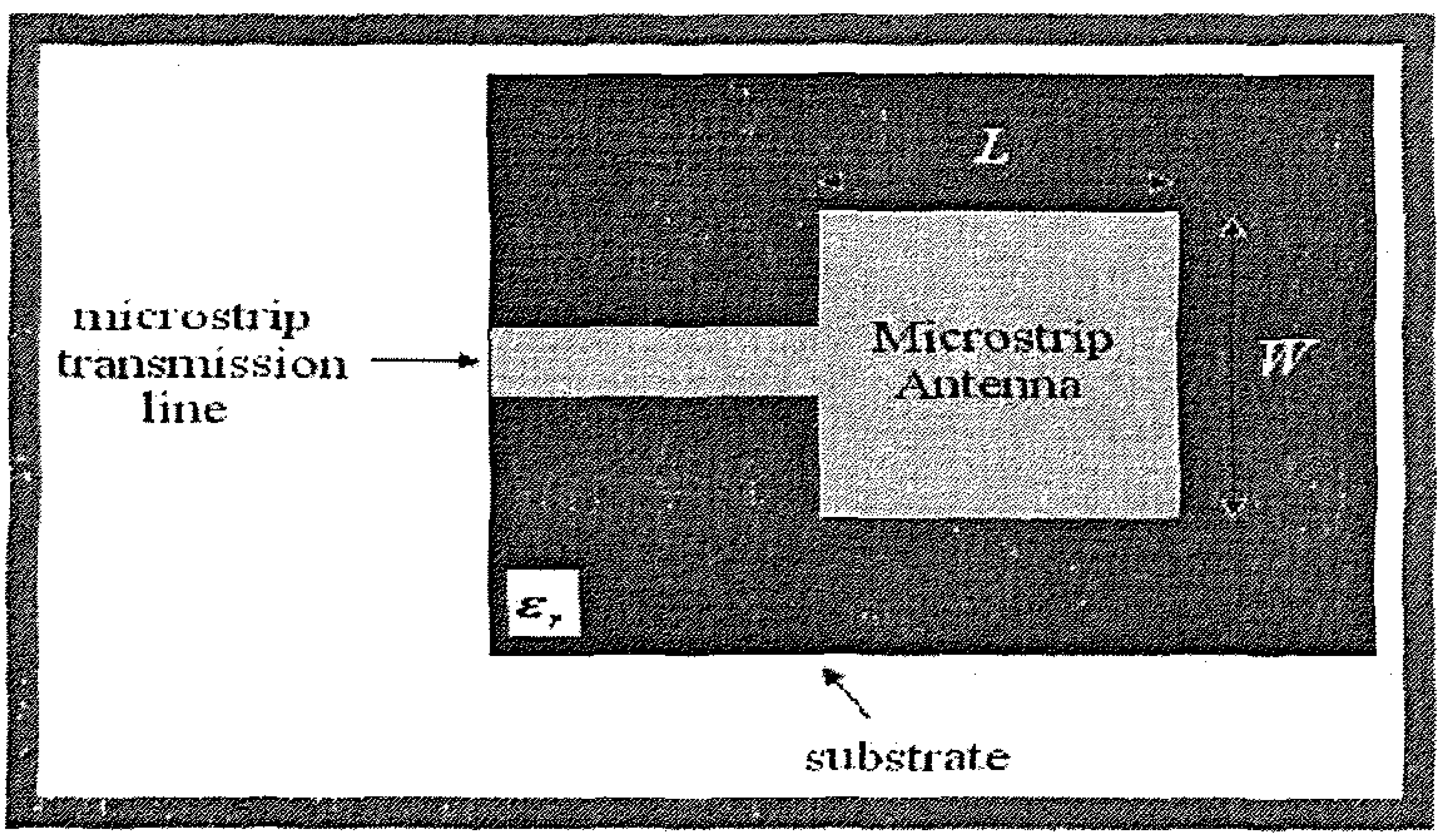
$$R_{rad} = \frac{120\,\lambda}{W}$$

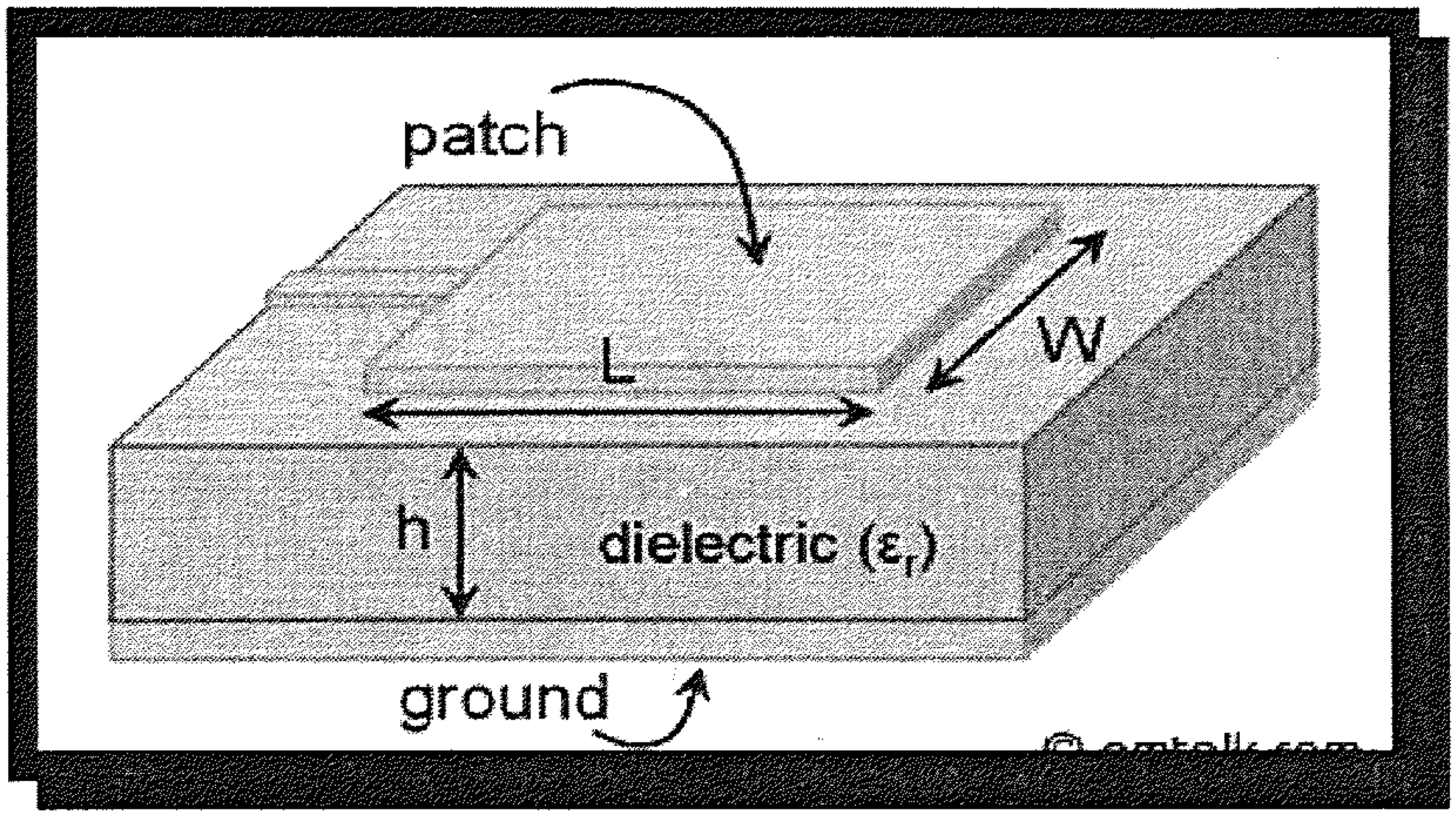
الشكل (3 -8) هوائي الدقيقة الأشرطة

مقطع جانبي



مقطع من الأعلى





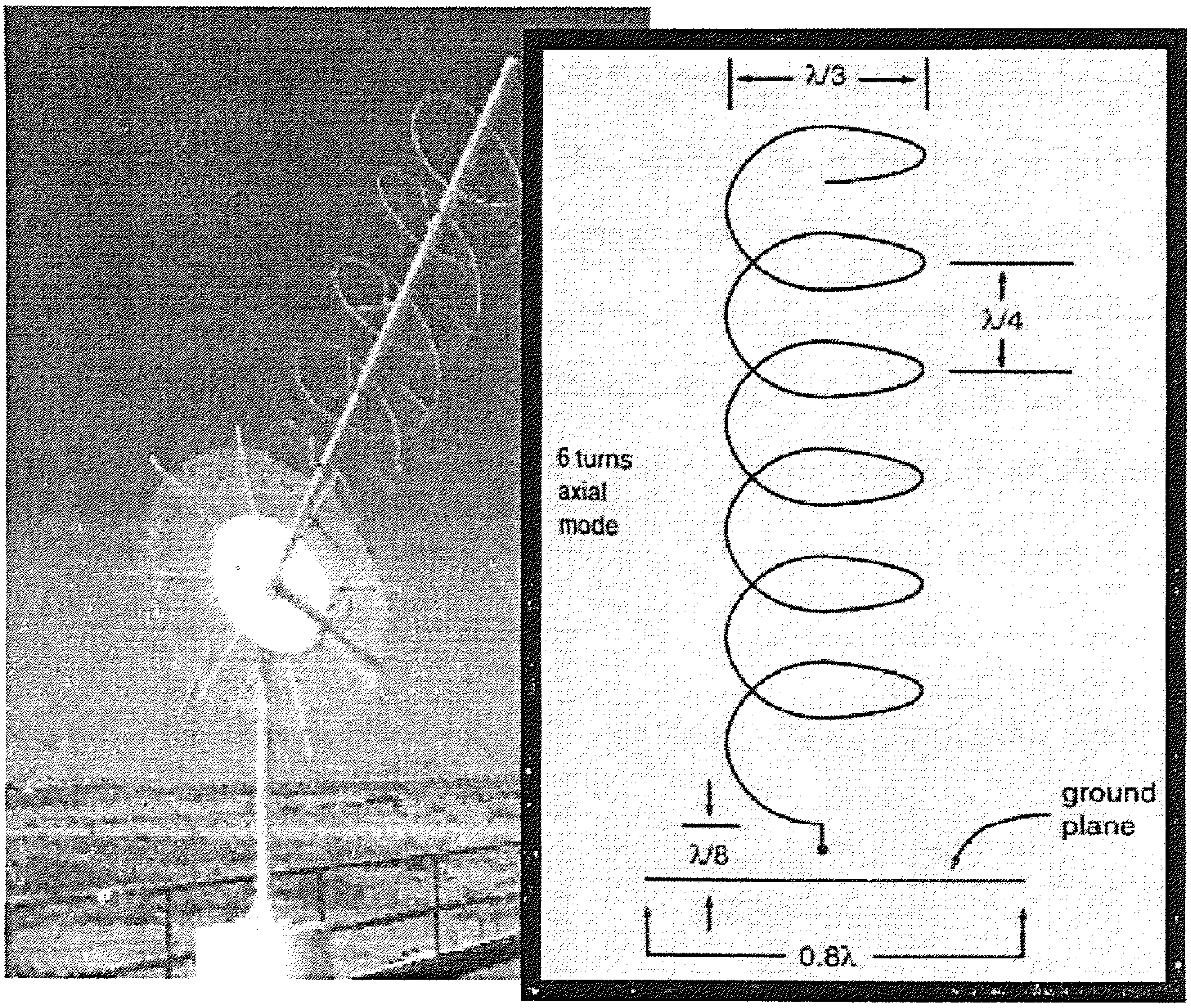
هذا النوع من الهوائيات يستخدم للأجهزة التي تحتاج إلى هوائيات صغيرة ، وتعمل في مدى الترددات العالية (فئة جيجاهيرتز). معظم عناصر الهوائي فعالة جدا في أي مكان وتعمل بكفاءة تتراوح بين 80 - 99 %. العوامل التي تؤثر على كفاءة الهوائي هي الخسارة في العازلية ، الخسارة في الموصلات ، القدرة المنعكسة ، وتبديد الطاقة في أحمال العناصر. نحصل على كفاءة عالية جدا عندما يعتبر الهواء كركيزة ، ولكن ذلك ليس عمليا لهوائيات الحفر الضوئي.

4- ألهوائيات الحلزونية Helical Antennas .

يتكون الهوائي الحلزوني من موصل واحد يلف في شكل حلزوني الشكل (3 -9) ويكون مستقطبا بشكل دائري ، وهذا يجعل الهوائي يبث الموجة الكهرومغناطيسية بالاتجاهين العمودي والأفقي. وهذا خلاف هوائي ثنائي القطب ، والذي يبث بشكل عمودي على محوره فقط. الهوائي المبين في الشكل (3 -9) له كسب مقداره 12 ديسي بيل ويعمل في مدى الترددات 100 – 500 ميجاهرتز ويتغذى بسلك محوري حيث أن مركز الموصل يتغذى من خلال المستوى الأرضي. والمسافة بين لفة وأخرى تساوي و 4/1 طول الموجة وقطرها 3/1 طول الموجة. هذا مجرد *مثال واحد من الهوائي الحلزوني ؛ والبعض الأخر يمكن*

أن تعمل على مدى أخر من الترددات. ويمكن أن يتم إدخال تعديلات أخرى وذلك بجعل قطره غير منتظم وبشكل هياكل حلزونية يمكنها توسيع عـرض الحزمـة وتحسين أداء البث.

الشكل (3 -9) الهوائي الحلزوني



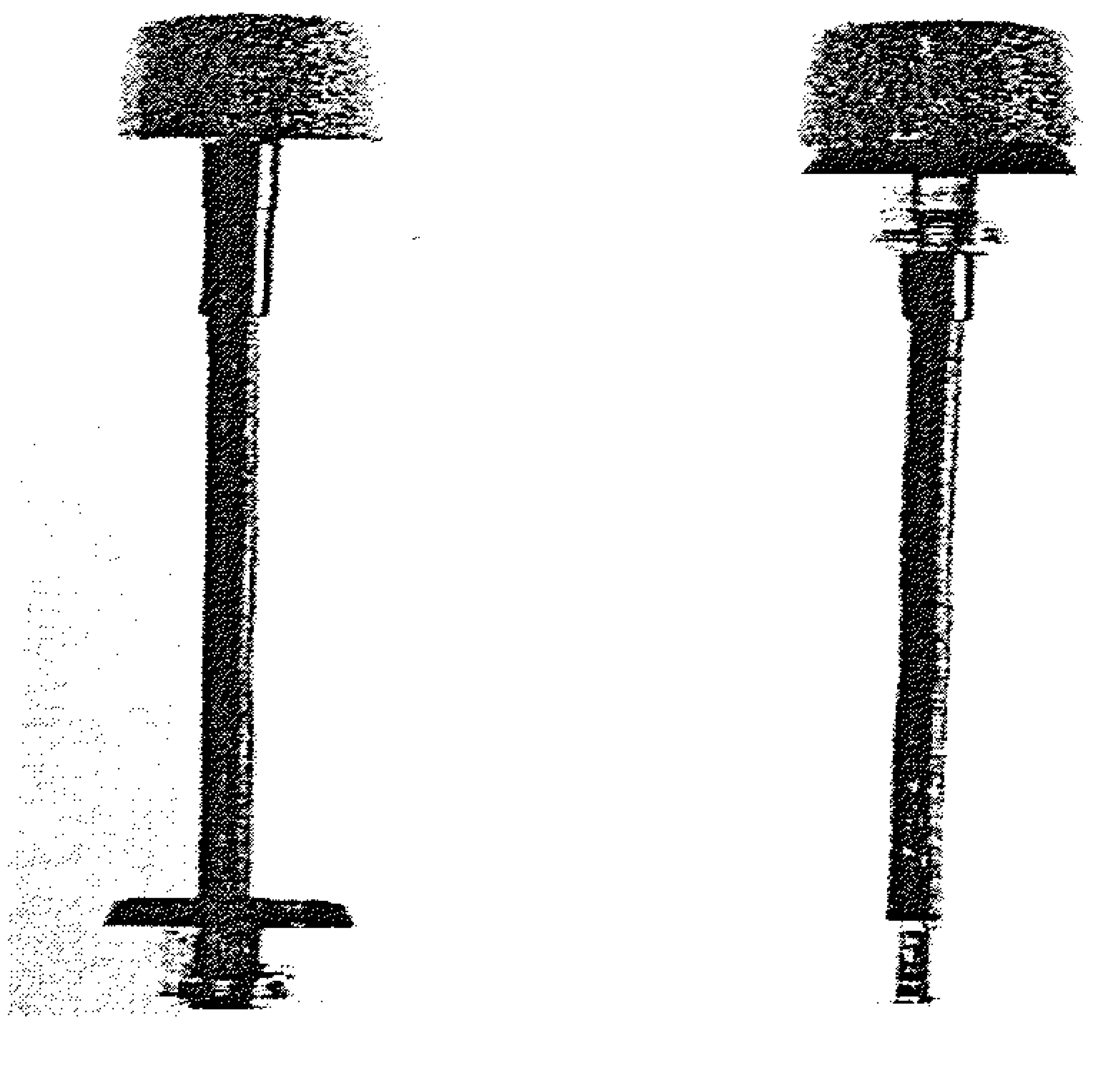
يوجد نوع آخر شائع الاستخدام في التطبيقات اللاسلكية هو الهوائي الحلزوني ذات 4/1 الطول ألموجي الشكل (3 - 10). فهو أصغر من هوائي السوط ، ويـؤدي نفس الغرض . استخدم في الآونـة الأخيـرة لمـدى التـرددات 800 – 1000 ميجاهرتز والمستخدمة في الهاتف الجوال.

4-3 أنواع الهوائيات الاتجاهيه.

1 - الهوائي المسطح الأرضي ذو الربع الموجي:

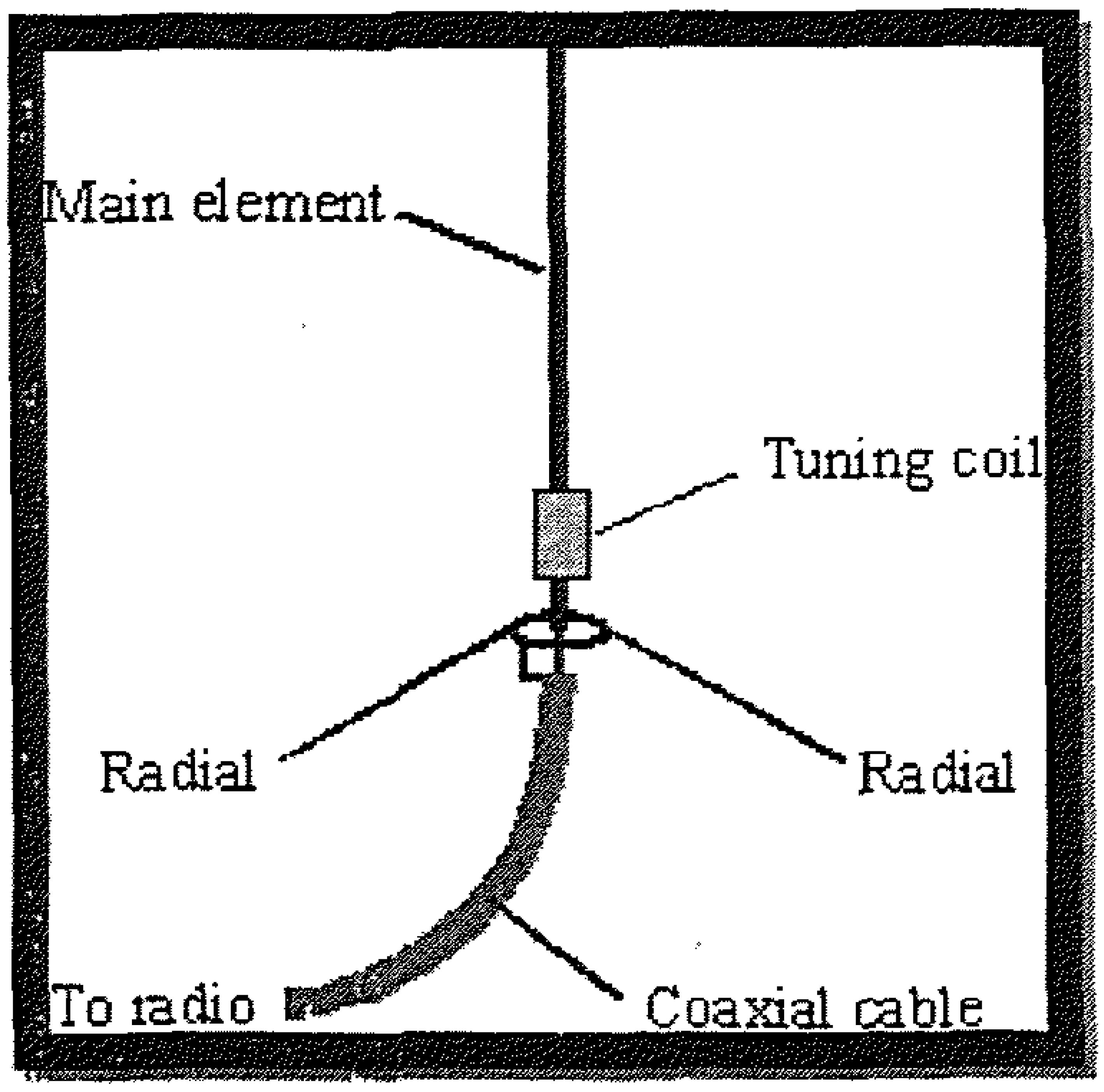
الهوائي المسطح الأرضي يتكون من طبقة من النحاس والذي يظهر لمعظم الإشارات كأنة جهد ارضي لا نهائي . وهذا يساعد على الحد من الضوضاء ، ويساعد على ضمان أن تقوم جميع الدوائر المتكاملة في المنظومة مقارنة إشارات مختلفة الفولطية إلى نفس الجهد ، والتي تجعل تصميم الدوائر الكهربائية أسهل ، مما يتيح للمصمم تاريض أي جزء من دون الحاجة إلى تشغيل مسارات متعددة . العنصر الذي يحتاج إلى التاريض يتم توجيهه مباشرة إلى السطح المؤرض على طبقة أخرى.السطوح المؤرضة يمكن في بعض الأحيان أن توضع على الطبقات القريبة لمستويات القدرة مما يؤدي لتوليد متسعة كبيرة من الواح متوازية لتساعد على ترشيح القدرة المجهزة. السطوح المؤرضة في بعض الأحيان تسمح للفصل ثم الربط بأجزاء رقيقة وهذا يسمح للفصل بين الأقسام التناظرية والرقمية على اللوحة أو مدخلات ومخرجات المكبرات.

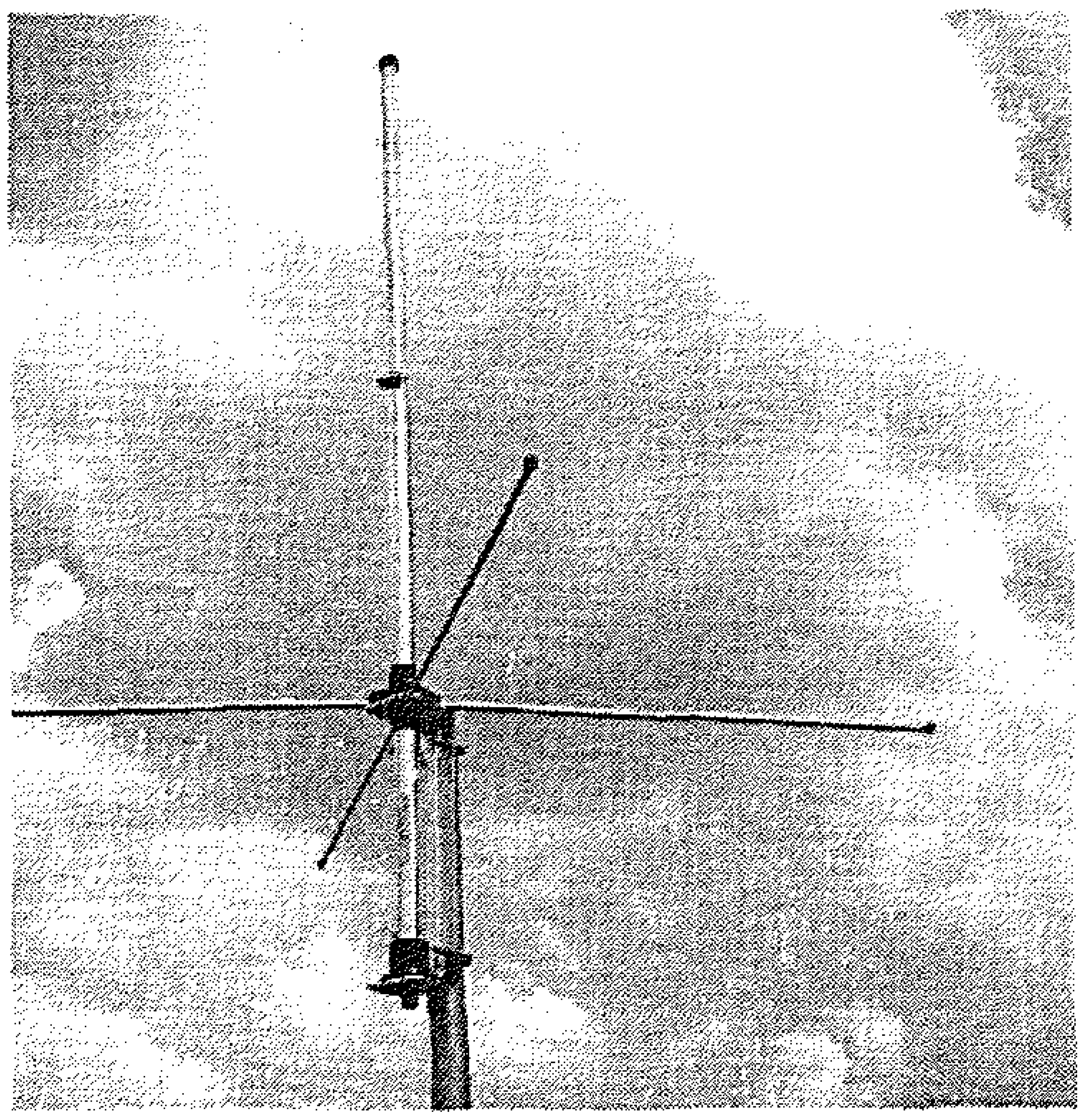
الشكل (3 - 10)الهوائي الحلزوني ذات ربع الطول الموجي في الهاتف الجوال



الأجزاء الرقيقة لها ممانعة منخفضه بما يكفي للحفاظ على الجانبين بنفس الجهد تقريبا مع الحفاظ على التيارات الارضيه من جانب واحد من التأثير على الآخر.الهوائي المسطح الأرضي يكون احد طرفيه مؤرضا وتحدث عند النهاية المؤرضة عقدة الفولطية وبطن للتيار وعند النهاية الطليقة عقدة للتيار و عقدة أيضا للفولطية. وهو هوائي بسيط في تركيبة منخفض الكلفة ومفيد للاتصالات. صمم هذا الهوائي لكي يرسل الإشارة باستقطاب عمودي، ويتألف من عنصر طوله يساوي ربع طول الموجة على شكل نصف هوائي ثنائي القطب بالإضافة إلى ثلاثة أو أربعة عناصر موصلة تؤدي وظيفة دليل الموجة ينحني كل منها بمقدار 30 إلى 45 درجة نحو الأسفل الشكل (3 - 11).

الشكل (3 - 11) الهوائي المسطح ذو ربع طول الموجة.





تعرف هذه المجموعة من العناصر (والتي تدعى بالأقطار) بالمسطح الناقل. يمتلك هذا الهوائي البسيط والفعال القدرة على التقاط الإشارات بشكل متساوٍ من جميع الاتجاهات. يمكن زيادة ربح الهوائي عبر تسطيح الإشارة للتخلص من التركيز

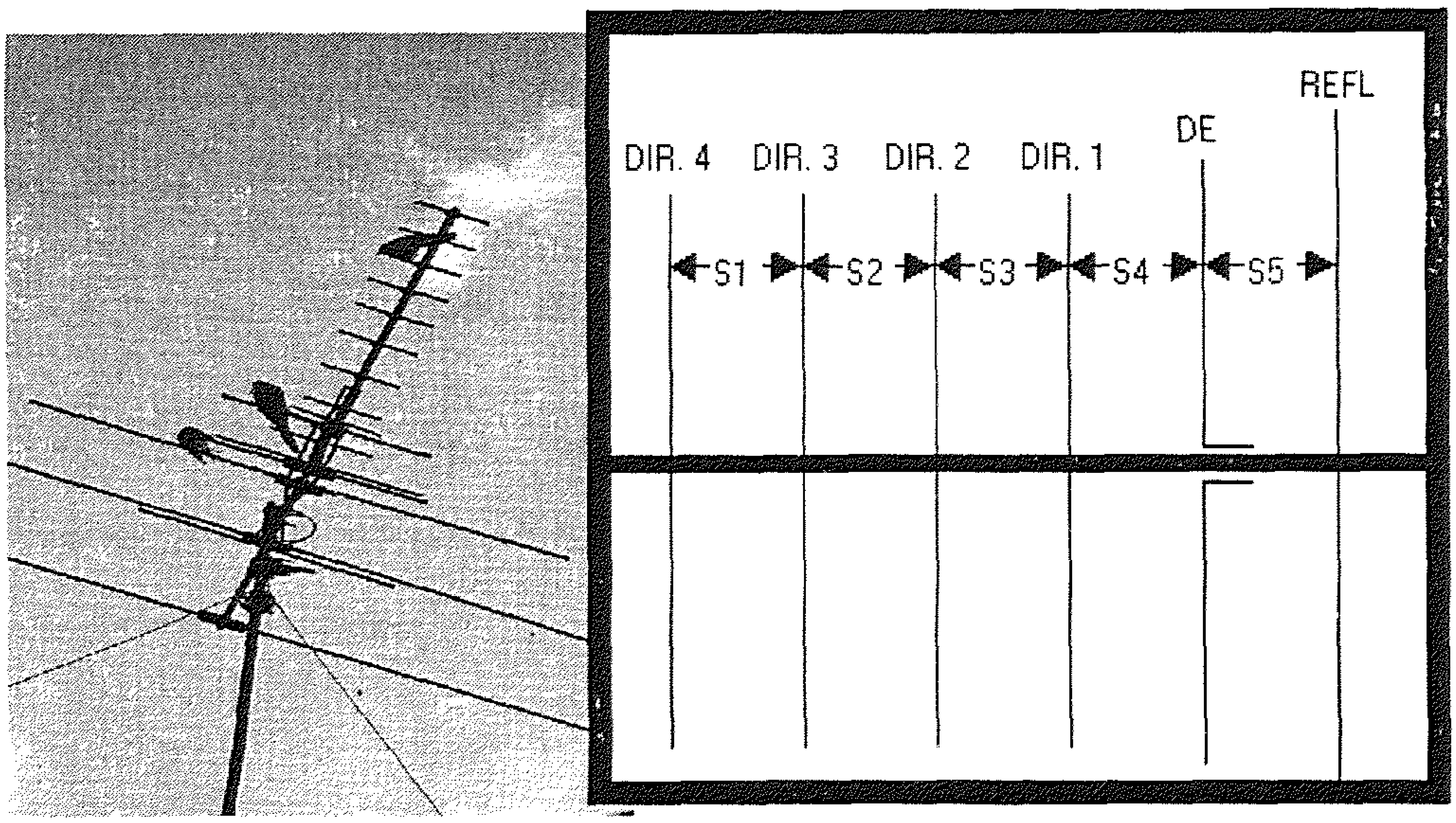
على المنطقة الواقعة فوق وتحت الهوائي مباشرة، والتركيز بشكل أفضل على الأفق. يمثل عرض المجال العمودي درجة التسطيح في تركيز إشارة الهوائي. تستثمر هذه الخاصية في حالات الوصل من نقطة إلى عدة نقاط شريطة أن تملك جميع الهوائيات الأخرى الارتفاع ذاته. يتراوح ربح هذا الهوائي ما بين 2 – 4 ديسي بيل.الاتصالات والوصلات اللاسلكيه ، وتقنيات الهاتف الجوال تنمو بسرعة. وبطبيعة الحال ، فان تكنولوجيات الهواتف بحاجة للهوائيات. اختيار الهوائي المناسب للجهاز المناسب يحسن الإرسال والاستقبال ، يقلل من استهلاك الطاقة ، ويستمر لفترة أطول.والهوائي الأكثر شيوعا للهواتف الجوالة هو الهوائي متعدد الأقطابmonopole ، وغالبا ما يسمى هوائي السوط whip antenna (الهوائي المسطح الأرضي). الهوائي ذو ربع الطول الموجي هو أبسط الانوع المتاحة والمستخدمة في مدى الترددات 400 - 500 ميجاهرتز. وهناك أنواع أخرى من هوائيات السوط المماثلة هي 8/3- الطول ألموجي ونصف الطول ألموجي. وهذه أكبر من هوائي ربع الطول الموجي ولكنها أدت إلى تحسين الأداء.

2 - هوائي ياغي Yagi

سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعة الياباني في أوائل عام 1900.هوائيات ياغي تركز على إلارسال والاستقبال في اتجاه واحد. ويمكن استخدامها في مواقع ثابتة مثل المنازل والمكاتب والمزارع والمناطق النائية. وينبغي أن تكون محمولة على أعلى مستوى ممكن على أنابيب كما في هوائيات التلفزيون. يحتوي الهوائي على ثلاثة أنواع من العناصر: هي العنصر العاكس **Reflector Element** (REFL)، العنصر الفعال **(DE) Driven Element** ، و العنصر الموجه **(DIR) Directors Element**. يتألف هوائي ياغي البسيط من عدد من العناصر المستقيمة يبلغ طول كل منها نصف طول الموجة تقريباً تسمى العناصر الفعالة وهي ثنائية القطب تتم تغذيتها من المركز.يثبت قضيب او مجموعة من

القضبان أو الأسلاك المستقيمة تدعى بالعواكس وتكون على جانبي العنصر الفعال بالتوازي معه، وعلى مسافات تعادل 0.2 إلى 0.5 من طول الموجه. يثبت أحد هذه العواكس (والذي يزيد طوله قليلاً عن طول الموجة) خلف العنصر الفعال والعاكس هو في الجزء الخلفي من الهوائي ويكون بعيدا عن محطة الإرسال ، كما يوضع أحد الموجهات (والذي يقل طوله عن طول الموجة بمقدار قليل) أمام هذا العنصر. يحتوي هوائي باغي بشكل عام على عاكس واحد إضافة إلى موجه واحد أو أكثر. يوضح الشكل (3 - 12) صورة لهوائي يحتوي على أربع عناصر فعالة وموجه وعاكس واحد. يقوم الهوائي بإشعاع المجال الكهرومغناطيسي في الاتجاه المار من العنصر الفعال باتجاه الموجهات، لذلك فهو شديد الحساسية لقدرة المجال الواردة في هذا الاتجاه أيضاً.

شكل (3 - 12) هوائي من نوع ياغي



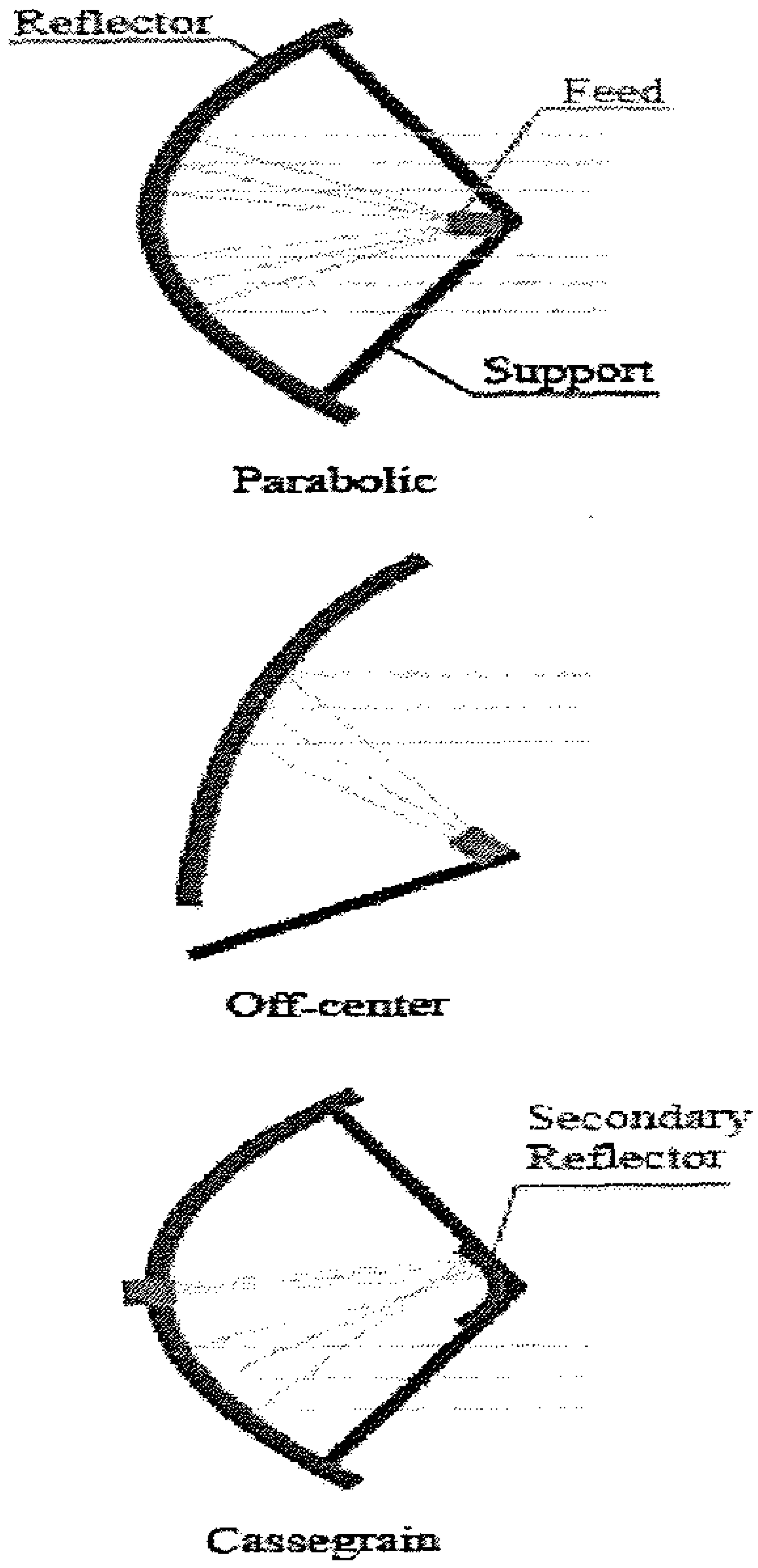
يزداد ربح هذا الهوائي بازدياد عدد الموجهات. كما يزداد طوله أيضاً بإضافة المزيد من الموجهات. تعمل هذه الهوائيات على تردد معين (800 أو 1900

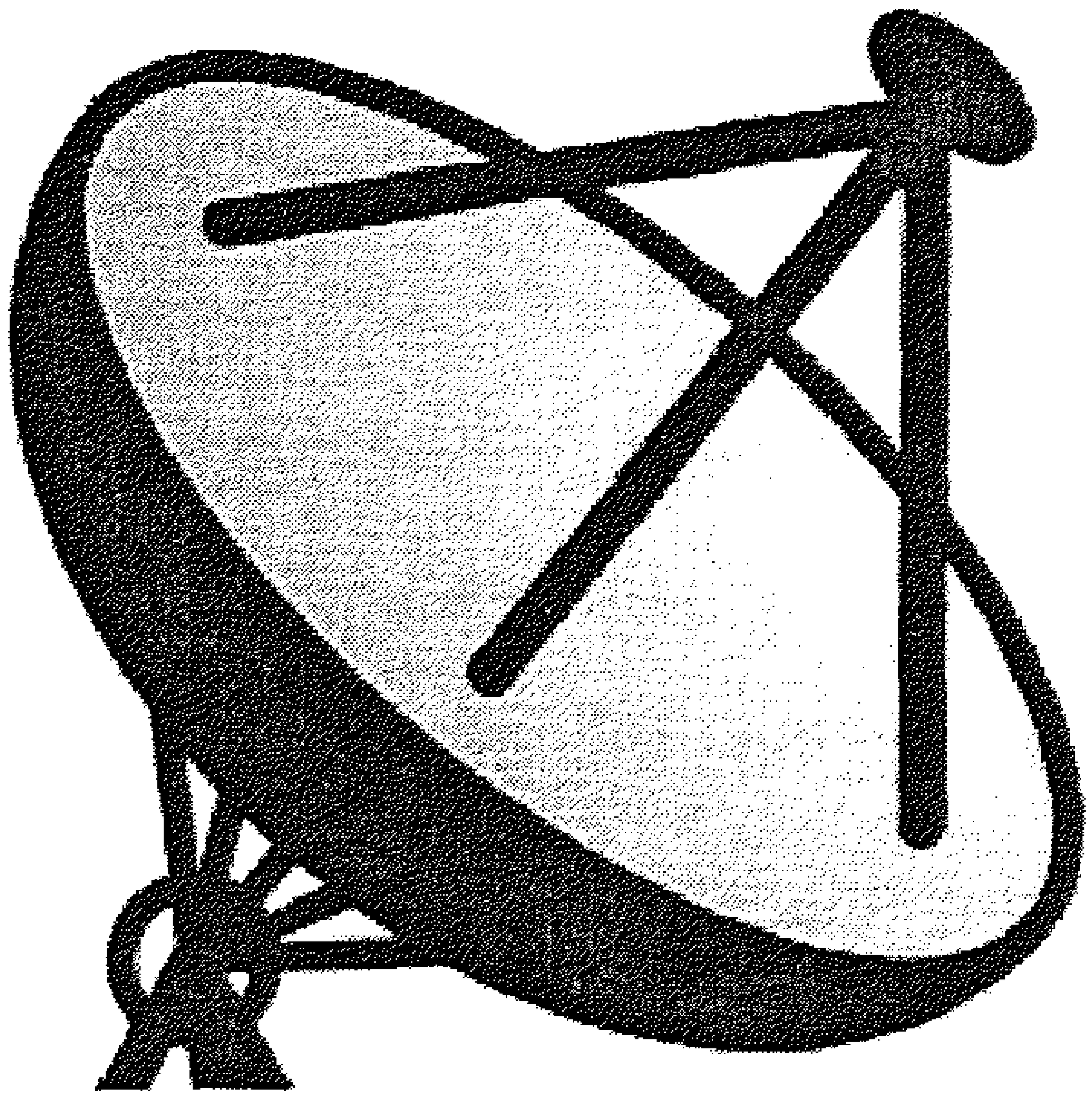
ميجاهرتز). يجب أن يتطابق تردد الهوائي مع تــردد مــزود الخدمــة الخــاص المستخدم في تلك المنطقة. على الرغم من أن معظم الهواتف يمكــن أن تــستخدم ترددات متعددة ، مزود الخدمة عادة ما يستخدم واحد فقط من هذه الترددات فـــي منطقة معينة واحدة. 0 ارتفاع الهوائيات العاملة بتردد 800 ميجاهرتز لها ربــح عالي يؤدي إلى تحسين الإرسال والاستقبال لذلك تستخدم في الهاتف الجوال فـــي الولايات المتحدة.تستخدم هوائيات ياغي عادة في الوصلات بين نقطتــين وتتمتــع بربح يتراوح ما بين 10 إلى 20 ديسيبل وعرض مجال أفقي يتراوح ما بـــين 10 إلى 20 درجة. شيد العالم هرتز أول هوائي بشكل القطع المكافئ العاكس في العالم عام 1888. كان عرض الهوائي 1.2 متر ، وبعدة البؤري 0.12 متر ، وكـــان يستخدم لتردد التشغيل 450 ميجاهرتز تقريبا . كان العاكس مصنوعا من شريحة رقيقة من معدن الزنك يدعمها إطار خشبي ، وكانت شرارة الفجوة تثيــر ثنـــائي القطب على طول خط الاتصال. استعمل هرتز اثنـــين مـــن الهوائيـــات احـــدهما للإرسال وألا خر للاستقبال ونجح في أثبات وجود الموجات االكهرومغناطيــسية التي تنبأ بها ماكسويل قبل 22 عاما من إجراء هذه التجربه.

3 - هوائي طبق القطع المكافئ parabolic dish

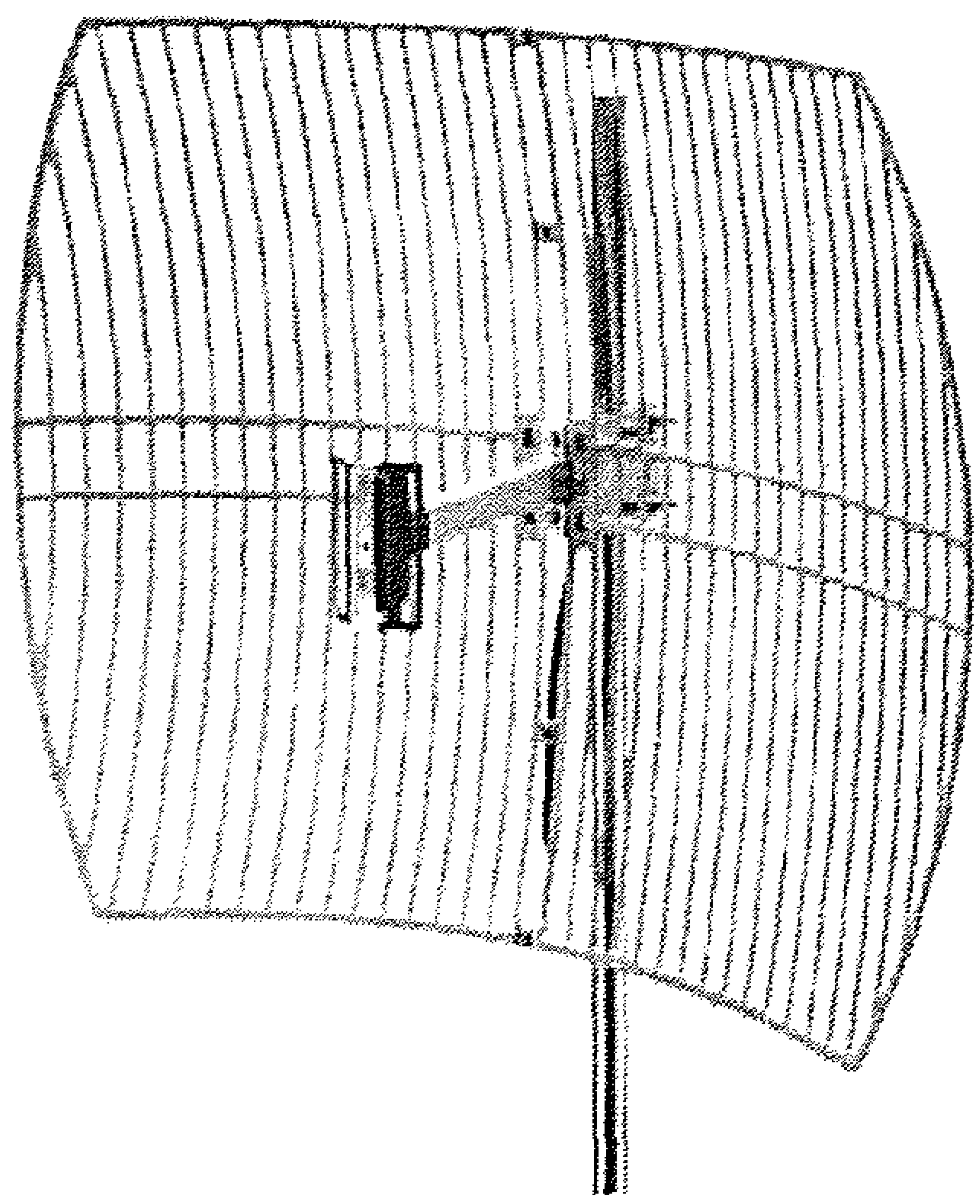
تعتبر الهوائيات التي تحتوي على عاكس بشكل قطع ناقص أكثر أنواع الهوائيات الاتجاهيه استخداماً عند الحاجة إلى قيم ربح عالية شكل (3 – 13).

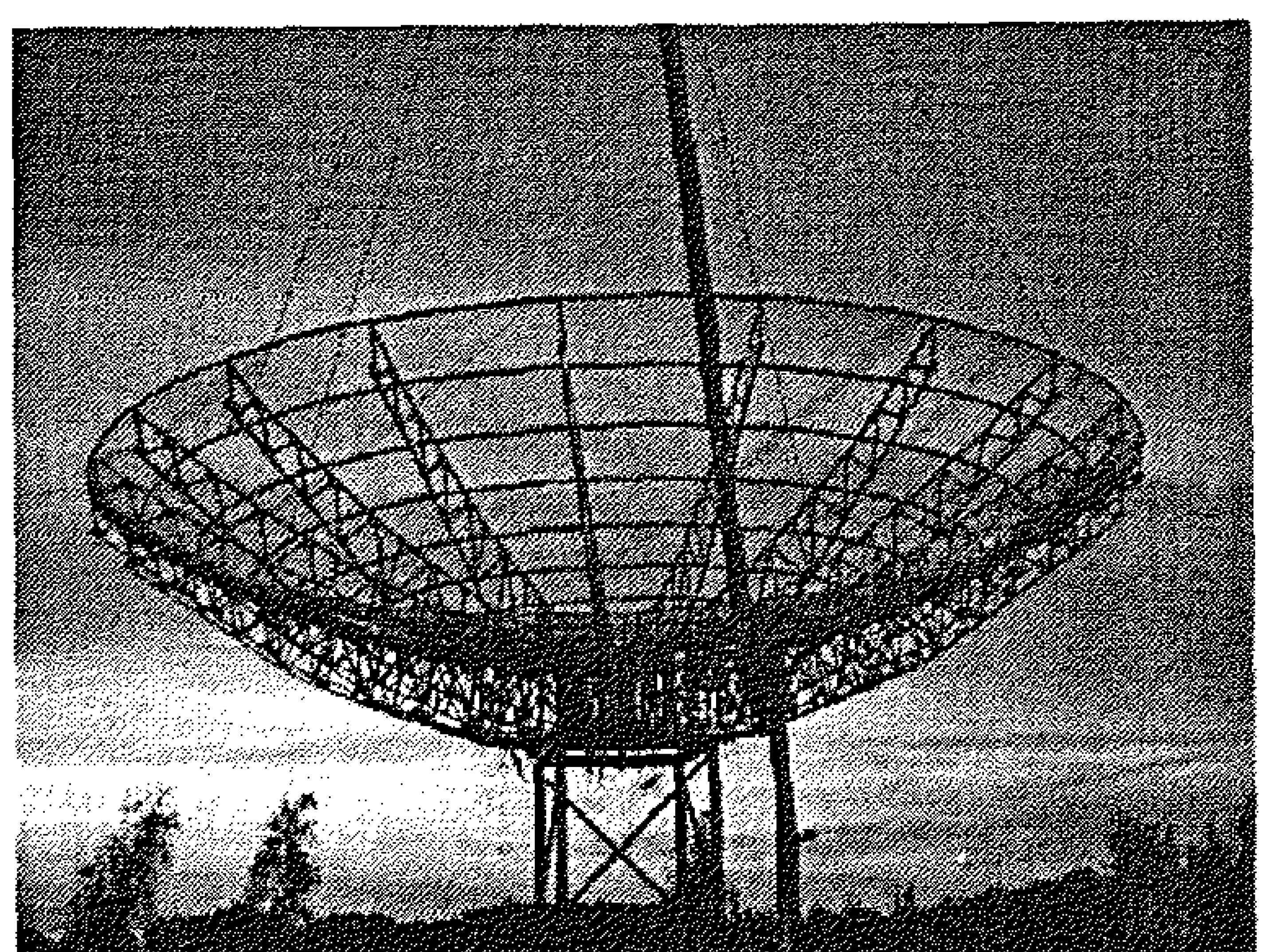
شكل (3 – 13) هوائي طبق نوع Cassegrain





شكل (3 – 14) معدنية شبكات معدنية





على الرغم من ضعف نسبة إشارة الأمام للخلف في هذه الهوائيات إلا أن استخدامها أكثر أمناً وتصنيعها أسهل. هوائي قطع المكافئ النموذجي يتكون من عاكس مكافئ مع هوائي تغذية صغير في المركز.العاكس هو السطح المعدني لجسم الهوائي وتكون حافته بشكل دائري تشكل قطر الهوائي. هذا الجسم المكافئ يملك نقطه محددة للبؤرة بحكم وجود خاصية العكس للقطع المكافئ. هوائي التغذيه في البؤرة العاكسة تكون عادة منخفضه الربح مثل هوائي نصف ثنائي القطب أو هوائي البوق ذات الدليل الموجي القليل في التصاميم الأكثر تعقيدا ، مثل هوائي Cassegrain حيث أن العاكس الفرعي يستخدم لتوجيه الطاقة إلى العاكس المكافئ من تغذية الهوائي التي تقع بعيدا عن مركز البؤرة. تغذية الهوائي تتصل إلى معدات الإرسال أو الاستقبال للترددات الراديوية عن طريق كابل محوري لنقل خط الدليل الموجي المجوف .

4- هوائي البوق Horn

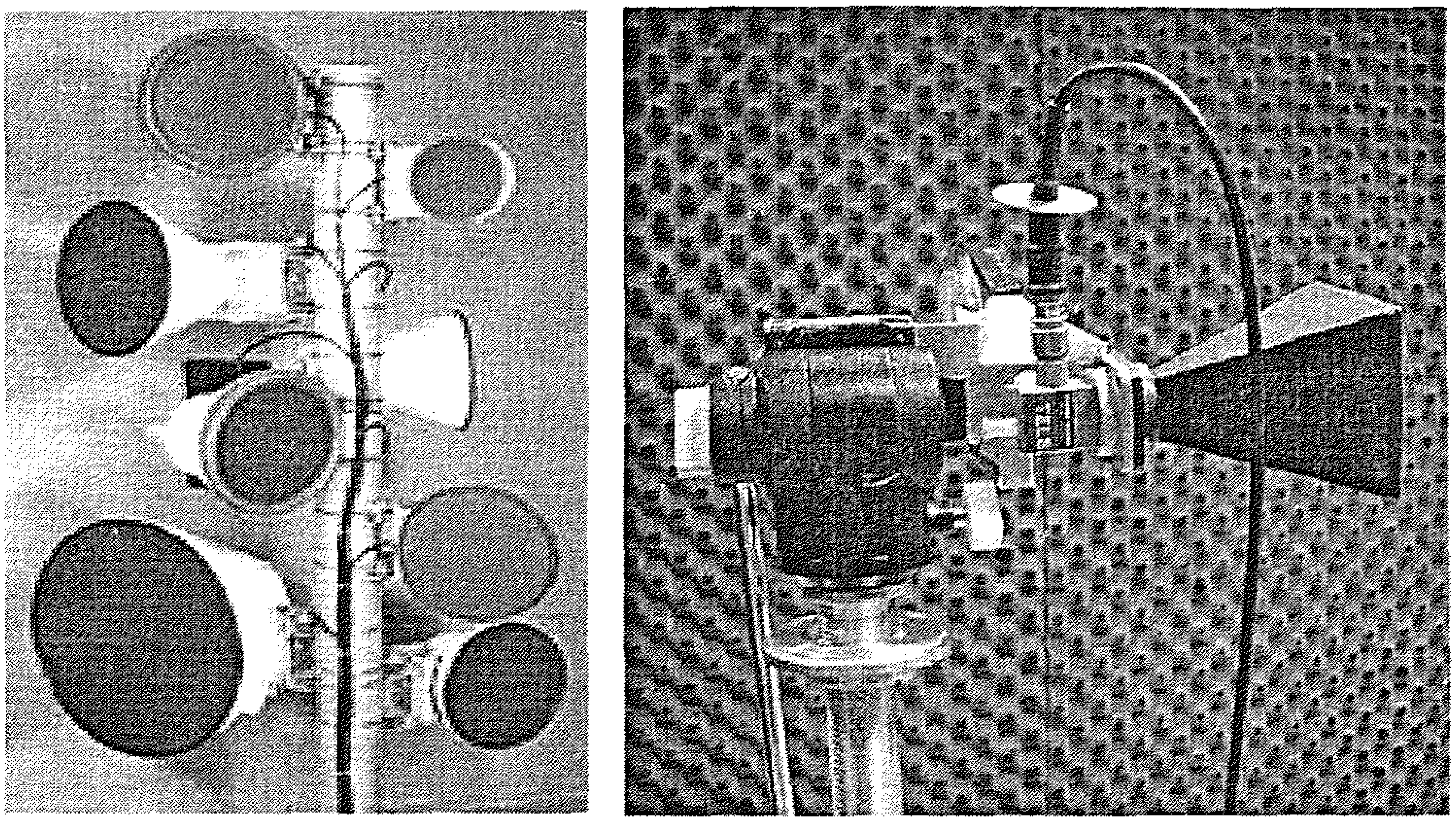
هوائي البوق أو القرن يستخدم لإرسال واستقبال الإشارات المايكروويه. يأخذ اسمه من مظهرة الذي يكون بشكل البوق. و جزء البوق يمكن أن يكون مربع أو مستطيل ، أو مخروطي الشكل. الحد الأقصى للإرسال والاستجابة يتطابق مع محور القرن وعادة ما تغذى الدليل ألموجي. ولكي يعمل الهوائي بشكل صحيح ، فيجب أن يكون هناك الحد الأدنى من حجم معين نسبة إلى الطول الموجي للمجال الكهرومغناطيسي الواردة أو الصادرة. إذا كان القرن صغير جدا ، أو أن طول موجه كبيرة جدا (التردد قليل جدا) ، فان الهوائي لا يعمل بكفاءة. هوائي البوق يكثر استخدامه كعنصر فعال في هوائي القطع المكافئ. ويكون اتجاه البوق نحو مركز السطح العاكس للطبق . استخدام هوائي القرن بدلا من هوائي ثنائي القطب ، أو أي نوع آخر من الهوائيات ، في بؤره ألطبق يقلل من فقدان الطاقة (التسرب) حول حواف الصحن العاكس. كما أنه يقلل من استجابة الهوائي للإشارات غير

المرغوب التي لا تكون بالاتجاه المفضل للطبق. هوائيات البوق تستخدم في حد ذاتها في جميع أنظمة الرادار قصير المدى وخاصة تلك المستخدمة من قبل شرطة المرور لقياس سرعة الاقتراب أو الابتعاد للمركبات.يكون الهوائي مخروطيا ويتسع تدريجياً، و يمكن أن يكون مربعاً، مستطيلاً، أسطوانياً أو مخروطياً. يتحدد اتجاه الإرسال الأعظم بمحور هذا المخروط. يمكن تغذية هذا الهوائي بالإشارة الراديوية ، كما يمكن تغذيته أيضاً باستخدام سلك محوري مع تحويله ملائمة. يستخدم هوائي البوق بكثرة كعنصر فعال في الهوائي الطبقي حيث يتم في هذه الحالة توجيه البوق اتجاه مركز الطبق العاكس. يؤدي استخدام هوائي البوق عند المركز البؤري للطبق عوضاً عن الهوائي ثنائي القطب أو غيره من الهوائيات إلى تخفيض خسارة القدرة عند أطراف الطبق العاكس يعمل الهوائي عند التردد 2.4 جيجا هرتز وبربح قد يصل حتى 10-15 ديسيبل. الشكل (3 - 15) صورة لهوائي البوق.

5 - الهوائي الرباعي Piqued

هوائي سهل التصنيع يوفر اتجاهية جيدة وربحاً معقولاً يصل إلى 11 ديسي بيل للوصلات بين نقطتين مع عرض حزمة beam width واسعة إلى حد ما.. يتألف هذا الهوائي من عنصر إرسال مؤلف من مربعين متشابهين يبلغ حجم كل منهما ربع طول الموجة إضافة إلى صفيحة أو شبكة معدنية تقوم بدور العاكس شكل (3 – 16).

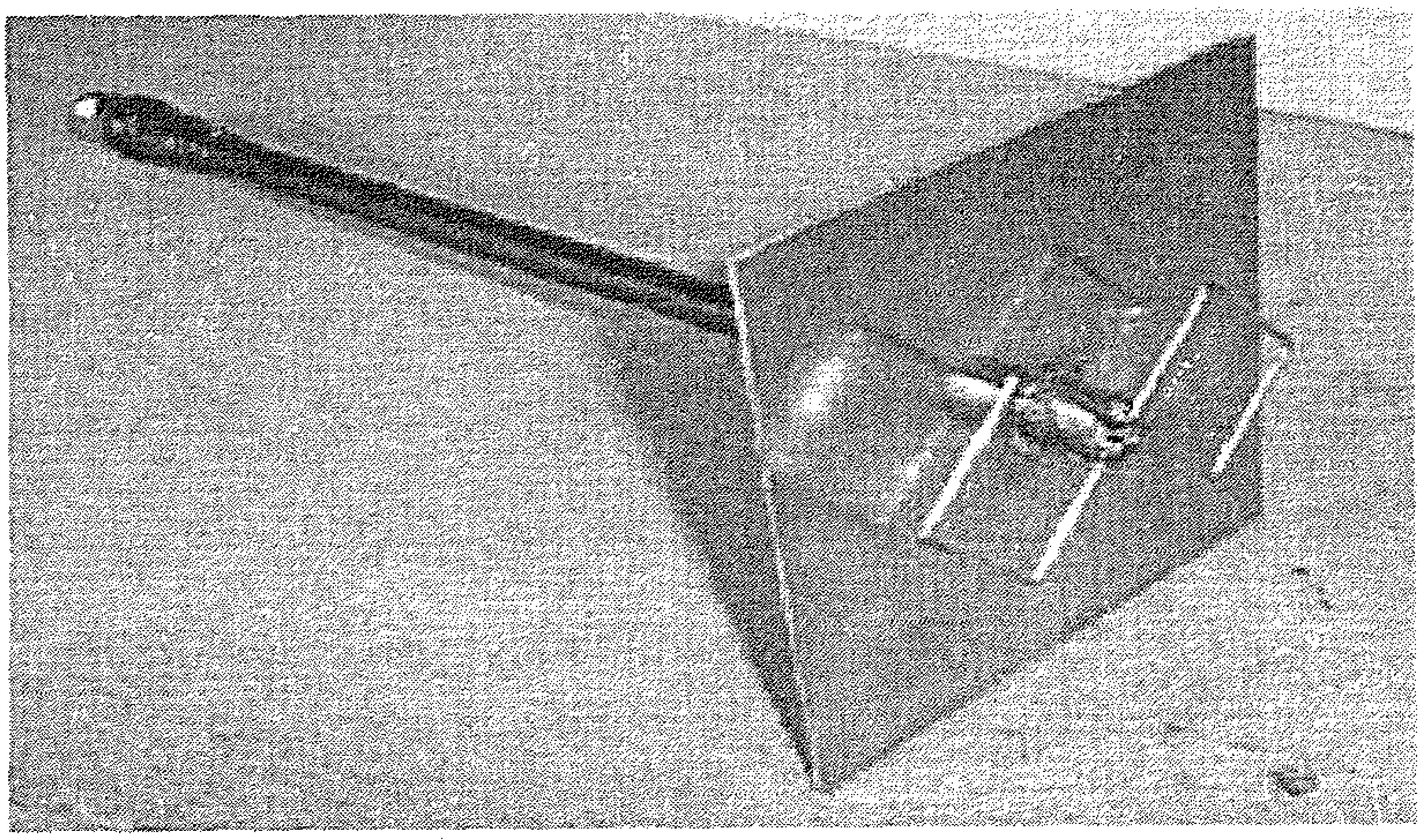
الشكل (3 – 15) صورة لهوائي البوق



يبلغ عرض مجال هذا الهوائي حوالي 70 درجة ويتراوح ربحه ما بين 10– 12 ديسي بيل. يمكن استخدامه بشكل منفرد أو كمغذٍ لطبق على شكل قطع مكافئ. يمكن تحديد استقطاب هذا الهوائي من خلال النظر إلى المربعين من أمام الهوائي، إذا كان هذان المربعان متجاورين فإن الهوائي ذو استقطاب شاقولي. عند استخدام الهوائي الرباعي وللاتصال بجهاز لاسلكي آخر ، يجب التأكد من أن استقطاب الهوائي الرباعي هو نفس استقطاب الهوائي الذي تتصل به. وبالمثل للاتصال مع اثنين من الهوائي الرباعي ، يجب أن نضمن أن تكون الهوائيين موجهين بنفس الاستقطاب. عدم تطابق الاستقطاب سوف يتسبب في خسائر كبيرة في إلا شارة. يحصل تغيير الاستقطاب بمجرد تدوير الهوائي بأكمله 90 درجة. الهوائي الرباعي لا يتميز بالاتجاهيه ، ولكن يتميز بعرض حزمة و اسع. الهوائي ذات عرض حزمة 3 ـي بيل هو عادة يكون بزاوية 40–50 درجة ، مما يجعلها مثالية لتطبيقات تريد تغطية واسعة نسبيا. عرض حزمة الواسع نسبيا يجعل

الهوائي ملائما لالتقاط إشارات دون الحاجة إلى ربط الهوائي مباشرة مع إشـــارة المصدر. في حين أن الهوائيات الاتجاهيه ، مثل هوائي القطع المكافئ ذات عرض حزمة 3 ديسي بيل هو 7 درجات تقريبا ، هو أكثر ملائمة لربط نقطة إلى نقطة

الشكل (3 – 16) هوائي Biquad.



6 - هوائي القطاع Sector antenna

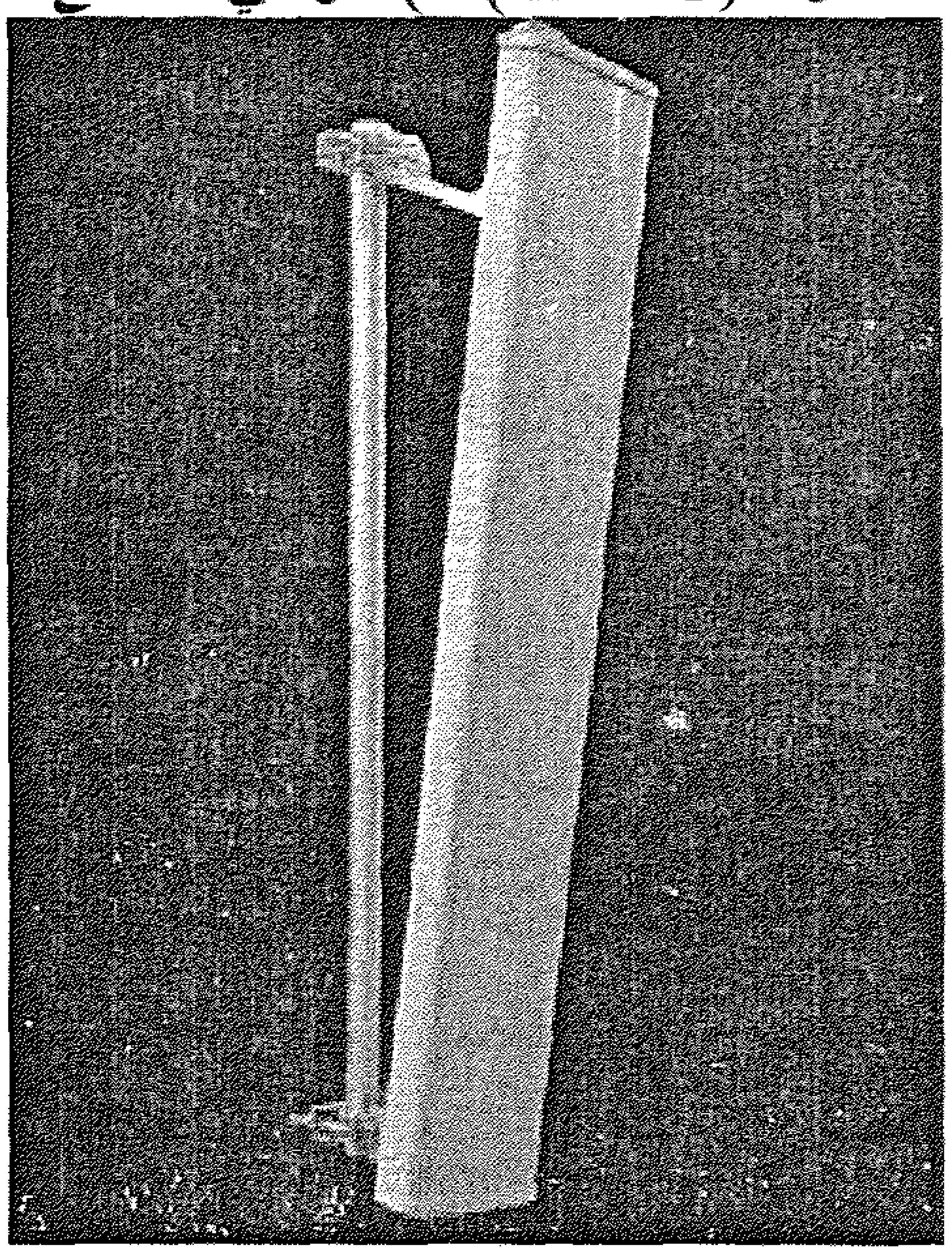
هوائي القطاع النموذجي مبين في الشكل (3-17) في الجزء الـسفلي ، والـذي يحتوي على موصل للترددات اللاسلكية بشكل سلك متحـد المحـور للتغذيـة ، ومعدات للسيطرة الميكانيكية. لوضعها في الهواء الطلق فـان شاشـة العـاكس الرئيسية تصنع من الألمونيوم ، وجميع الأجزاء الداخلية توضـع فـي غـلاف مصنع من الألياف الزجاجية للحفاظ على عمل الهوائي بشكل مستقرة بغض النظر عن الأحوال الجوية. التأريض مهم جدا للهوائي في الهواء الطلق لذلك فان جميـع الأجزاء المعدنية تارض .

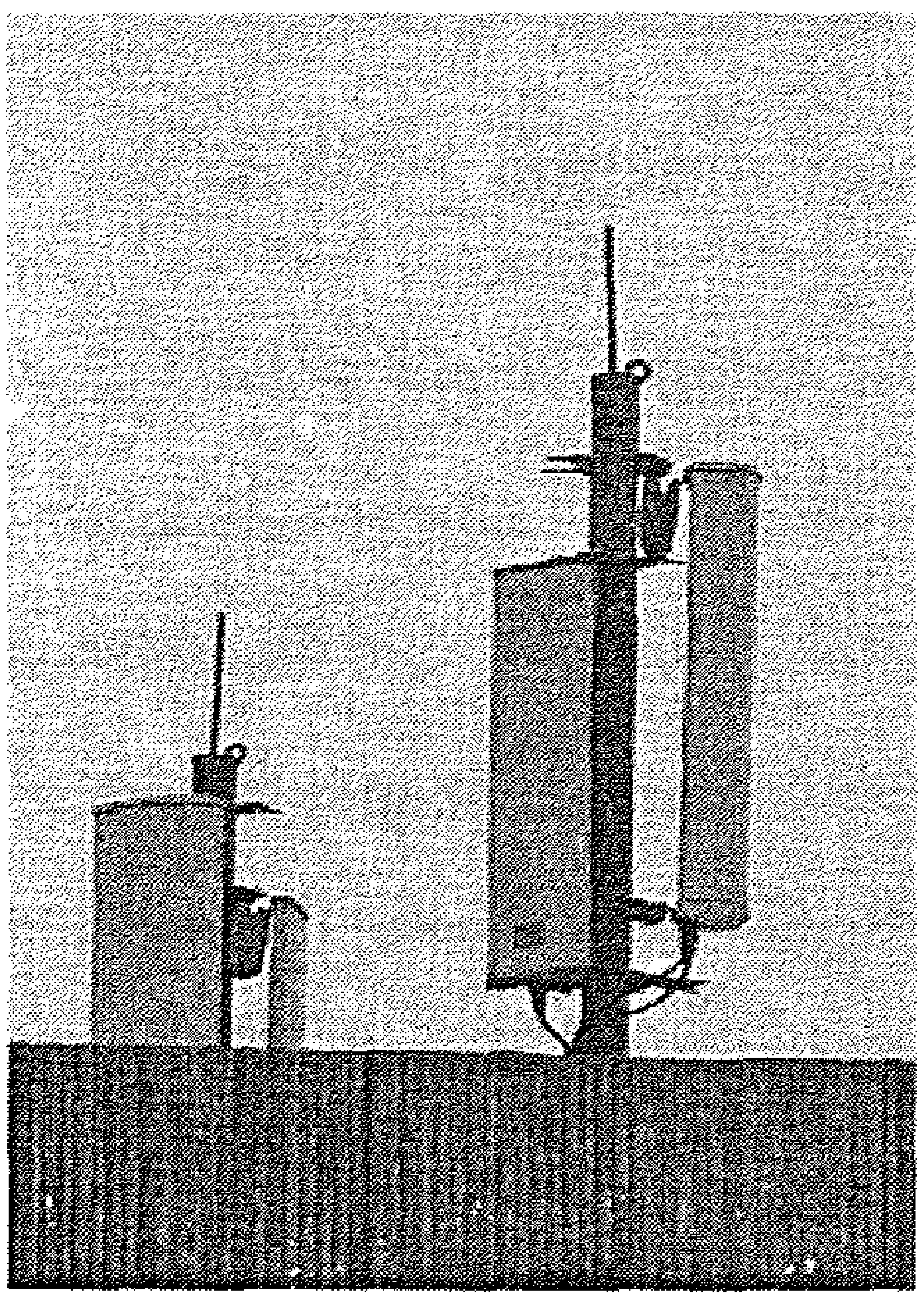
والاتجاهيه للهوائي تتحقق في شكله الضيق. وفقا لأنماط الإرسال فـان الهـوائي المستخدم عادة في القاعدة الارضيه ذات القطاعات الثلاثة تميل بزاوية 66 ° مع عرض الحزمة الأفقي. وهذا يعني أن الحصول علـى الحـد الأقـصى للكـسب

عند 0 ° وقيمه منخفضه قليلا في الاتجاه ±33° .وعند الاتجاه ± 60°، فـان الحدود بين القطاع وكسب الهوائي يمكن إهمالها. عرض الحزمة العمودي لا يكون أوسع من 15 درجة ، وهذا يعني 7.5 ° في كل اتجاه. خلافا لهوائيات محطـات ألبث الإذاعي والتي يجب أن تغطي عشرات الكيلومترات ، عادة ما يكون هنـاك ميل نحو الأسفل لكي تكون المحطة أكثر فعالية لتغطية المنطقـة فـورا وعـدم التسبب في تداخل الترددات الراديوية إلى الخلايا البعيدة.

منطقة التغطية تساوي مربع مسقط القطاع على الأرض و يمكن تعديلها من خلال تغيير الميل نحو الأسفل كهربائيا أو ميكانيكيا. يتم تعييـر الإمالـة الكهربائيـة باستخدام وحدة تحكم خاصة والتي عادة ما توضع داخل الهـوائي ، لـذلك تـم تصنيع مختلف أجهزة التحكم عن بعد على نطاق واسع أما الميل نحو الأسـفل الميكانيكي فيتم تنظيمه يدويا من خلال تعديل الهوائي.

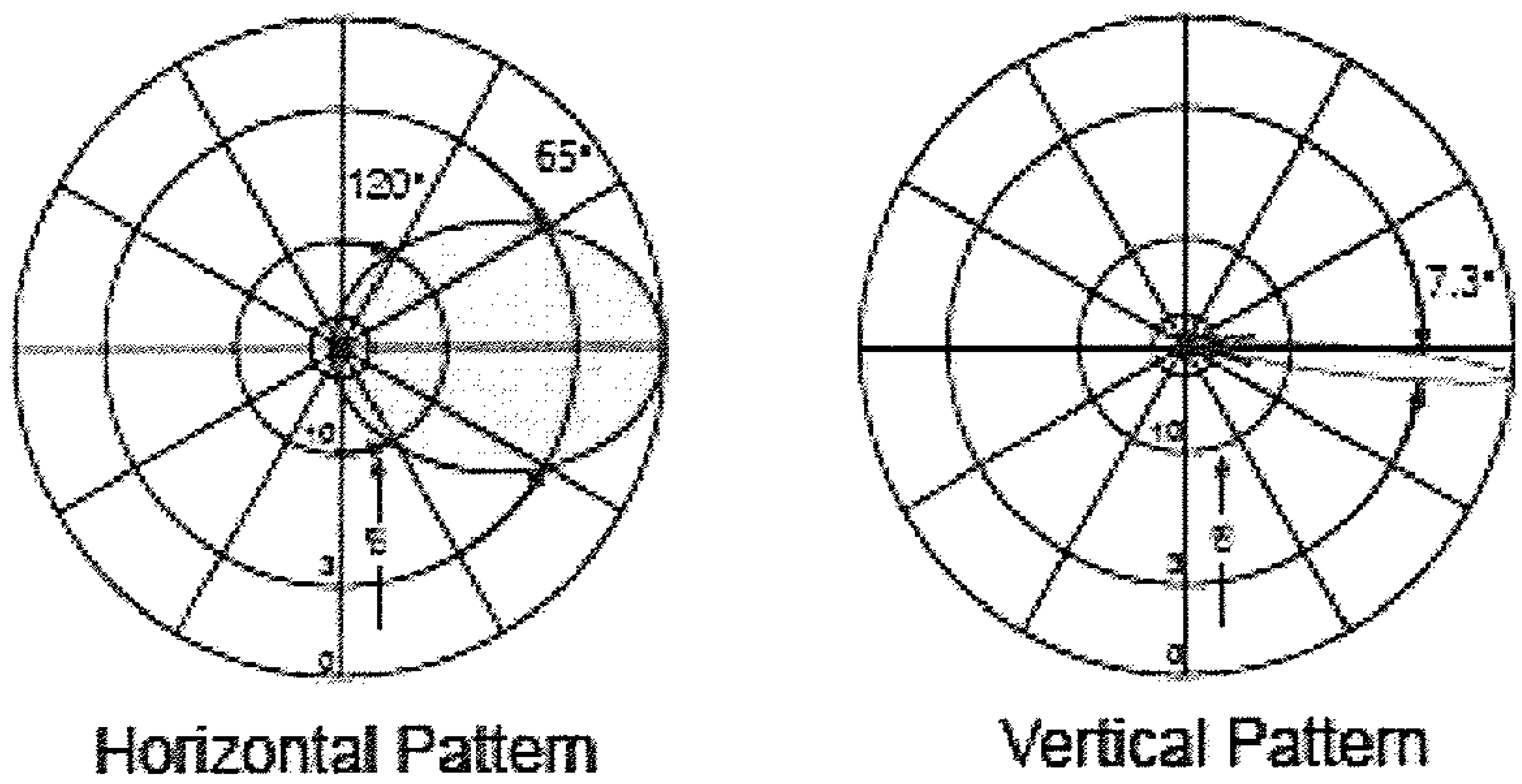
شكل (3 – 17) *هوائي القطاع*





لزيادة أو توسيع مجال التغطية ، وبالتالي زيادة عدد الزبائن المستفيدين توضع عدة هوائيات القطاع على نفس البرج . مثل هذا التركيب غالبا ما يسمى الهوائي المتجه وتعمل هوائيات على عدة زاويا.وحالما توضع هوائيات القطاع على نفس البرج ، لا بد من توجيهها نحو قطاع معين .

نمط توزيع الإرسال الأفقي والعمودي
وكذلك الإمالة نحو الأسفل



التوجيه لا يعني تحديد الاتجاه الصحيح الأفقي والشاقولي فقط وإنما الميل الصحيح نحو الأسفل كذلك. وعلى الرغم من أن المسافة محدودة فان التوجيه يؤدي إلى خدمة العملاء بشكل أفضل مع ارتفاع معدل البيانات.قبل تحديد توجيه الهوائيات ،يجب تاريضها وضع مانعة الصواعق.الهوائي في الأسفل يكون ميلة الميكانيكي نحو الأسفل كبيرا . حسن اختيار الميل الميكانيكي نحو الأسفل من الإستراتيجية التي يمكن أن تقلل من الخسارة بسبب التغطية الشاملة للخلايا ومنع التدخل الشامل في الشبكة.

7- هوائيات أخرى

هناك الكثير من أنواع الهوائيات الأخرى لتلاءم التطـورات التقنيـة.الهوائيـات القطاعية تستخدم بكثرة في شبكات الهواتف الجوالة ويتم تصنيعها عادة بإضـافة سطح عاكس لهوائي ثنائي القطب (أو أكثر). يمكن أن يصل عرض المجال الأفقي لهذا النوع من الهوائيات حتى 180 درجة كحد أقصى و 60 درجة كحد أدنى، في حين يكون عرض المجال الشاقولي أضيق بكثير. يمكن تصنيع هوائيات مركبـة باستخدام عدة هوائيات قطاعية لتغطية مجال أفقـي أعـرض (الهـوائي متعـدد القطاعات multi sectorial antenna).

5-3 أنواع منظومات الهوائيات

1 - هوائيات البث Broadcast Antennas

هوائيات محطات الإذاعة و التلفاز تنقل إشاراتها عبر الموجات الكهرومغناطيسية . محطات الإذاعة تبث على مختلف الترددات اللاسلكية التي تتراوح بـين حـوالي 550 كيلو هرتز لموجات الراديو الطويلة حتى حوالي 800 ميجـاهرتز لـبعض محطات التلفزيون ذات الترددات العالية جدا. قدرة التشغيل تكون اقل مـن بـضع مئات من الواطات لبعض المحطات الإذاعية و حتى الملايين من الواطات لبعض المحطات التلفازية. بعض هذه الإشارات يمكن أن تكون مـصدرا مهمـا لطاقـة الترددات اللاسلكية في البيئة المحلية. مقدار طاقة الترددات اللاسلكية التي يمكـن أن يتعرض لها العاملين و الجمهور كنتيجة لبث ألهوائيات يتوقف على عدة عوامل ، منها نوع المحطة ، خصائص تصميم الهوائي المستخدم ، القدرة التي المرسـلة إلى الهوائي . ارتفاع الهوائي و المسافة عن الهوائي. طاقـة بعـض التـرددات يمتصها جسم الإنسان أكثر من الطاقة في الترددات الأخـرى ، وكـذلك يعتمـد امتصاص الطاقة على تردد الإشارة المرسلة وكثافتها. وصول الجمهور قريبا من

هوائيات البث عادة ما تكون محددة لذلك لا يمكن تعرض الأشخاص للمجالات العالية التي قد تكون موجودة بالقرب من الهوائيات. القياسات التي قدمتها منظمات حماية البيئة قد أظهرت أن مستويات إشعاع الترددات اللاسلكية في المناطق المأهولة بالسكان بالقرب من مرافق البث الإذاعي عادة ما تكون أقل بكثير من مستويات التعرض الموصى بها بالمعايير والمبادئ التوجيهية الحالية. هوائي في بعض الأحيان يقوم عمال الصيانة بالتسلق على الهوائي لأغراض مثل الطلاء والتصليح وفي مثل هذه الحالات يمكن أن يتعرض ألعاملين لمستويات عالية من طاقة الترددات اللاسلكية إذا كان العمل المنجز في برج يشتغل أو في المناطق المحيطة مباشرة بالهوائي. لذلك لا بد من اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان عدم تعرض ألعاملين في مجال الصيانة إلى مجالات التردد اللاسلكي غير الآمن.

2 - هوائيات أنظمة الهواتف الجوالة **Portable Radio Systems**

أنظمة الراديو الجوالة الارضيه الاتصالات المتنقلة تشمل مجموعة متنوعة من منظومات الاتصالات الحرارية والجوالة التي تتطلب استخدام مصادر الترددات اللاسلكية. هذه ألمنظومات تعمل في نطاق ضيق من الترددات بين 30 إلى 1000 ميجاهرتز. منظومات الراديو التي تستخدمها الشرطة وإدارات الإطفاء وخدمات التخاطب اللاسلكي ، وراديو الأعمال هي أمثلة قليلة من منظومات الاتصالات. هناك ثلاثة أنواع من أجهزة الإرسال اللاسلكية المرتبطة بالهواتف الجوالة الارضيه وهي محطة الإرسال القاعديه ، أجهزة الإرسال المركبة على عربات، وأجهزة الإرسال الحرارية. الهوائيات المستخدمة لهذه المحطات يتم تكييفها لغرض محدد. فمثلا ، هوائي محطة الإرسال القاعديه يجب أن يشع الاشارة إلى مساحة كبيرة نسبيا ، لذلك فأنة يحتاج إلى قدرة عالية مقارنة بالهوائيات الحرارية على المركبة أو لاسلكي الجوال باليد. على الرغم من أن محطة الإرسال القاعديه تعمل عادة مع مستويات عالية من القدرة فإن وصول

الجمهور إليها محذورا نظرا وهي محمولة على ارتفاعات كبيرة فوق سطح الأرض لتوفير تغطية كافية للإشارة. كما أن العديد من هذه الهوائيات يعمل على فترات متقطعة.ولهذه الأسباب ، فان هوائيات محطة الإرسال القاعديه لم تكن مصدرا للقلق فيما يتعلق بتعرض الجمهور لإشعاع الترددات الراديوية . الدراسات للهوائيات فوق سطح البنايات أشارت إلى أن الهوائيات التي تعمل على قدرة عالية قد تزيد من احتمالات تعرض عاملي الصيانة أو غيرهم عند الوصول إلى تلك المواقع. مستويات قدرة الإرسال للهوائيات المثبتة على العربات أو الهوائيات الارضيه المتحركة عادة ما تكون أقل من تلك التي تستخدمها هوائيات محطة الإرسال القاعديه. الهوائيات الأرضيه المتحركة مثل ألهوكي توكي هي أجهزة لاسلكيه تعمل بقدرة منخفضه و تستخدم لنقل واستقبال الرسائل عبر مسافات قصيرة نسبيا. نظرا لمستويات القدرة المنخفضه وعملها البعيد عن الرأس ، فان تعرض المستخدمين للترددات اللاسلكية لا تتجاوز الحدود الآمنة. ولذلك ، فإن هيئات الاتصال لا تطلب الوثائق الروتينية للامتثال للحدود السلامة لمثل هذه الأجهزة.

3 - هوائيات الميكروويف **Microwave Antennas**

هوائيات الميكروويف ترسل وتستقبل إشارات الموجات المايكروية عبر مسافات قصيرة نسبيا (من بضعة كيلومترات إلى 50 كيلومتر أو أكثر). هذه الهوائيات عادة ما تكون مستطيلة أو دائرية الشكل وعادة ما تثبت على برج ، أو على أسطح المنازل وعلى جانبي المباني ، أو على الهياكل المماثلة لكي لا يمكن إعاقة البث والإرسال ، مثل نقل الصوت والبيانات والرسائل وتعمل على الربط بين استوديوهات الإذاعة أو التلفزيون والهوائيات. حزمة الإشارات اللاسلكية تنتقل من هوائي الإرسال لهوائي الاستقبال ، والتشتت في طاقة الميكروويف خارج الحزمة الضيقة نسبيا قليل جدا. بالإضافة إلى ذلك فان هذه الهوائيات تعمل

بمستويات قدرة منخفضه جدا تقدر ببضع واط أو أقل. وقد بينت القياسات بان كثافة قدرة هوائيات الميكروويف على سطح الأرض هي اقل ألف مرة أو أكثر من حدود ألسلامة. وعلاوة على ذلك فهناك هامش للسلامة إضافي وهو عدم وصول الجمهور الى مواقع برج الميكروويف. التعرض الكبيرة من هذه الهوائيات يمكن أن يحدث في حالة وقوف الإنسان مباشرة أمام وقريب جدا من الهوائي لفترة من الزمن.

4 - هوائيات منظومات الأقمار الصناعية**Satellite Systems**

هوائيات منظومات محطات ألأقمار الصناعية تستخدم الأقمار الصناعية للاتصالات بالأرض وعادة ما تكون الهوائيات بشكل قطع مكافئ "طبق" ، وبعضها كبير يتراوح قطرة بين 10 إلى 30 مترا ، والتي تستخدم لإرسال إشارات الميكروويف (الموجات المرتفعة) أو تلقي (الموجات الهابطة) إلى أو من ألأقمار صناعية التي تدور حول الأرض. هذه الإشارات تسمح بتسلم مجموعة متنوعة من خدمات الاتصالات ، بما في ذلك خدمات الهاتف لمسافة بعيدة. بعض هوائيات المحطات الارضيه للأقمار الصناعية تستخدم فقط لاستلام إشارات الترددات اللاسلكيه (تماما مثل هوائي التلفزيون على سطح المنازل) ، ونظرا لأنها لا ترسل الترددات اللاسلكية ، فان خطر التعرض للأشعة المنبعثة ليست مهمة. نظرا لعملها لمسافات طويلة ، فإنها تستخدم مستويات كبيرة نسبيا من القدرة لنقل هذه الإشارات مقارنة ، لتلك المستخدمة في هوائيات الميكروويف. و كما هو الحال مع هوائيات الميكروويف فان حزمة الموجات، إشارات الأقمار الصناعية تتركز باتجاه محدد للغاية . بالإضافة إلى ذلك ، سيكون وصول الجمهور إلى مواقع المحطة مقيدا حيث ان مستويات التعرض قريبا منها يمكن أن يتجاوز الحدود الآمنة.

5 - هوائيات منظومات هوائيات الرادار**Radar Systems** Antenna

أجهزة الرادار تستخدم لكشف ، واتجاه ،ومدى ، الطائرات،ألبواخر،أو غيرها من

الأجسام المتحركة. يتحقق ذلك من خلال إرسال نبـضات عاليـة مـن تـرددات الكهرومغناطيسية . منظومات الرادار عادة ما تعمـل علـى موجـات راديويـة تردداتها تتراوح بين 300 ميجاهرتز و 15 جيجاهرتز). تستخدم أنظمة الـرادار على نطاق واسع في الملاحة والطيران والدفاع الوطني ، والتنبؤ بالأحوال الجوية. العاملين والناس الذين يعيشون بالقرب من أجهزة الرادار قد أعربت عن قلقها إزاء الآثار الصحية الطويلة الأجل الضارة ، بما في ذلك السرطان ، وإعتـام عدسـة العين ، والآثار السلبية على الأطفال. من المهم أن نميز بين الأخطار الحقيقيـة و المحتملة التي يسببها الرادار ونتفهم الأسباب الكامنة وراء وضع معـايير دوليـة للتعرض واتخاذ التدابير الوقائية.القدرة التي تنبعث من أنظمة الرادار يتباين مـن أعداد قليلة من الملي واط (رادار شرطة المـرور) إلـى العديـد مـن كيلـوواط (رادارات الفضاء). ومع ذلك ، هناك عدد من العوامل التي تقلل إلى حد كبير من تعرض الإنسان للترددات اللاسلكية الناتجة عن أنظمة الرادار ، وغالبا بمعامل لا يقل عن 100 وهي.

- منظومة الرادار ترسل الموجات الكهرومغناطيسية بشكل نبضات ولـيس بشكل مستمر. وهذا يجعل من متوسط الطاقة المنبعثة أقل بكثير من قـدرة ذروة النبضة.
- الرادارات الاتجاهيه لذلك فان طاقة الترددات اللاسلكية التي تولدها تحتوى حزمة ضيقة جدا وتشبه شعاع من الضوء. مستويات الترددات اللاسـلكية تقل بسرعة كلما ابتعدنا عن الشعاع الرئيسي. في معظم الحالات فان هذه المستويات اقل آلاف المرات عما هي عليه في الشعاع الرئيسي.
- العديد من الرادارات هوائياتها تدور بشكل مـستمر أو تغيـر ارتفاعاتهـا بصورة متفاوتة ، وبالتالي تتغير باستمرار في اتجاه الشعاع.

- المناطق الخطرة من حيث تعرض الإنسان لا يمكن للأفراد غير المصرح بهم الوصول إليها .

6-3 حدود الامتثال Compliance boundary أو منطقة الحظر exclusion zone

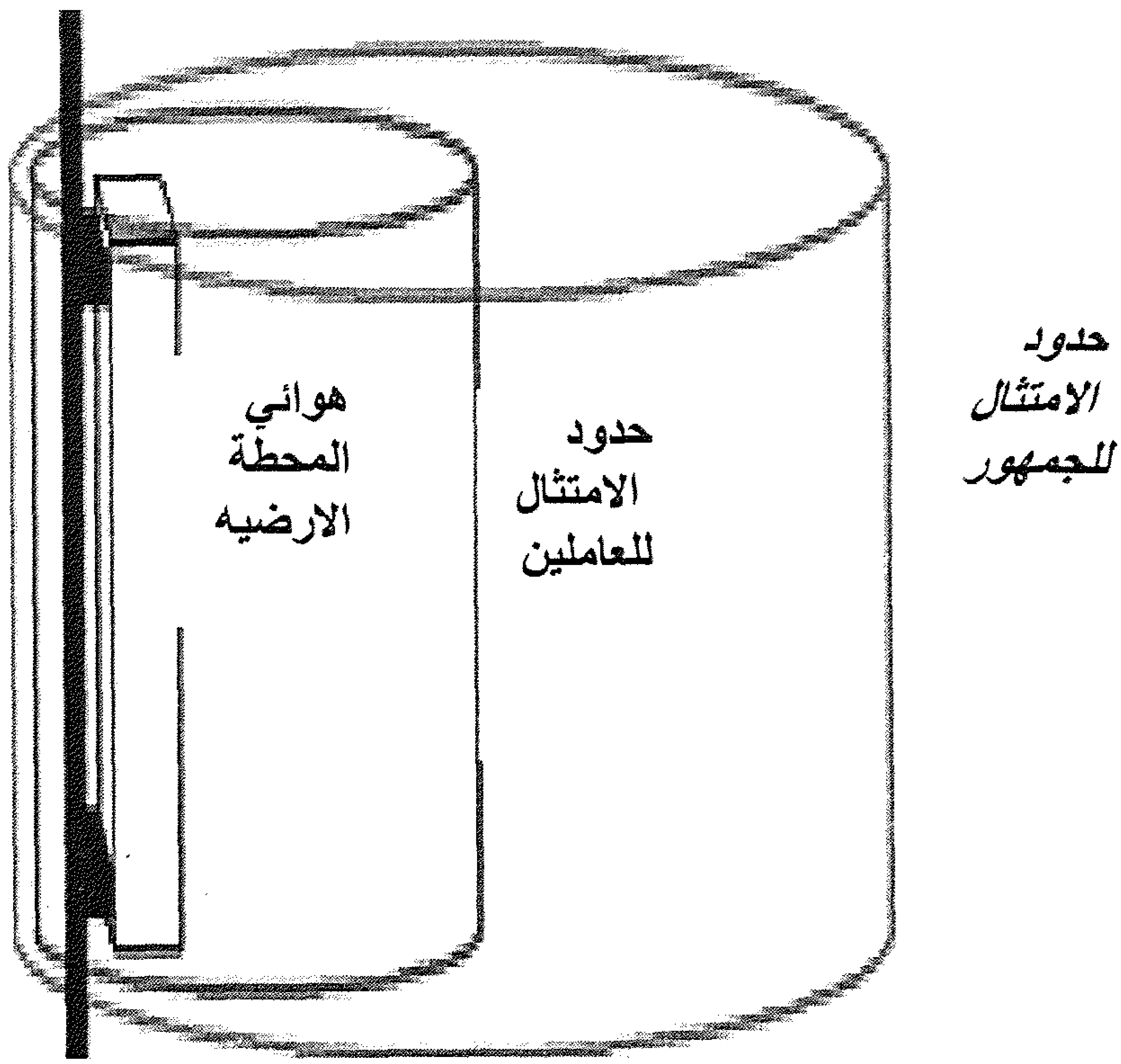
من حيث المبدأ ، تنخفض مستويات الترددات اللاسلكية بسرعة عندما يتحرك الفرد بعيدا عن المصدر (الهوائي). يمكن أن يحسب مستوى الترددات اللاسلكية لكل هوائي، على أساس الخصائص الكهربائية أو قياسها . المسافة التي عندها تكون الترددات اللاسلكية دائما دون مستوى محددات الترددات اللاسلكية تسمى مسافة الامتثال .مسافة الامتثال قد تستند على المستويات المرجعية أو على تقييم SAR ، في كلتا الحالتين فإنها تشتمل على هامش كبير من الأمان .من الممكن أيضا تحديد حدود الامتثال بثلاث إبعاد (3D) حول الهوائي كما في الشكل (3 - 18). المنطقة التي تكون داخل منطقة الامتثال غالبا ما يطلق عليها منطقة الحظر.من فوائد تحديد حدود الامتثال هي أنها تحدد مسافة الامتثال في كل الاتجاهات.عادة ما تعتمد قاعدة المحطات الارضية للهوائيات على الاتجاه ، وبالتالي فإن مستوى الترددات اللاسلكية وراء الهوائي أقل بكثير من أمامه.

المبادئ االارشادية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين ICNIRP تحدد بالمعدل لكل 6 دقائق لتحديد مستوى التعرض. لذلك ،فان الترددات اللاسلكية التي تتجاوز المستوى المرجعي لفترة قصيرة لا يعني بالضرورة بأن قد تجاوزت الحد. في الممارسة العملية ، هذا يعني أنه حتى إذا كان الفرد يتحرك ضمن حدود منطقة الامتثال ،فأنة من غير المرجح أن يتعرض إلى تعرض حاد. ومع ذلك ، فإن معدل الزمن يستخدم بمشورة الخبراء فقط.

3-7 أنواع هوائيات شبكات الهاتف الجوال نسبة إلى اتجاه البث

الهوائيات النمطية الشائعة التي تستخدم في المحطات الارضيه للهواتــف الجوالــة أنواع كثيرة تعتمد على حدود مسافة الامتثال والتي قد تكون متجانسة حول الهوائي ، إمامة أو خلفه . هنالك عدد كبير من المعايير والقوانين العالمية بشأن التعــرض للموجات اللاسلكية . وبشكل عام ، جميع هذه المعايير متــشابهة وترتكــز علــى توصيات منظمة الصحة العالمية واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المــؤين. إن الحد الأعلى للتعرض للموجات اللاسلكية المسموح به يضمن درجــة ســلامة عالية ويمنع من حدوث أي آثار سلبية على صحة الإنسان .

الشكل (3 - 18) حدود الامتثال



كمية التعرض للموجات اللاسلكية تقل كلما ارتفعت هوائيات محطة التقوية عن الأرض ولذلك يتم وضع الهوائيات على أبراج حديدية مرتفعة . فإذا كنت تقف على بعد متر عن الهوائي (وليس البرج) فإن تأثير الموجات اللاسلكيه يكون قد تلاشى تماما. لقد تم مراعاة وضع الهوائيات فوق الأبنية وعلى الأسطح والمناطق المرتفعة بما يضمن ابتعادها أكبر ما يمكن عن المواطنين ولهذا فإن مستويات التعرض للموجات اللاسلكيه في الأبنيه وعلى الأرض أقل بكثير من الحد الأعلى المتفق عليه دولياً.

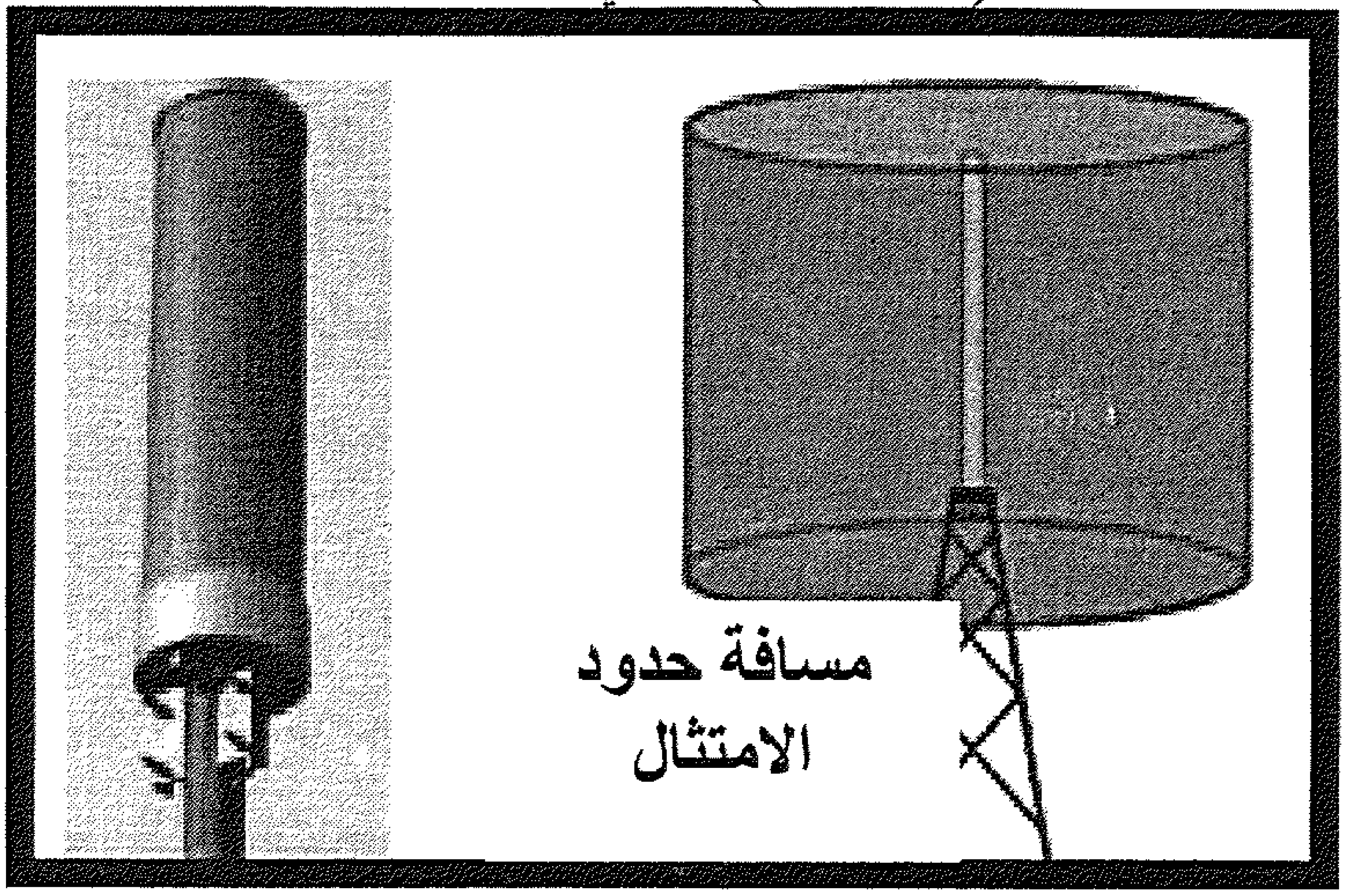
تختلف الهوائيات المستخدمة باختلاف الترددات المستخدمة. إن اختلاف طول الموجة المرافق للترددات المختلفة يتطلب هوائيات مختلفة الأحجام لكي تتمكن من إرسال الإشارات عند طول الموجة الصحيح. تكون أنواع الهوائيات نسبة إلى اتجاه البث منها على ثلاثة أنواع :

1 - هوائي التغطية متعددة الاتجاه Omni-directional coverage

وهي الهوائيات متعددة الاتجاهات والتي تشع بنفس النمط وبجميع الاتجاهات (360 درجة) حول الهوائي الشكل (3 - 19). تعتبر هذه الهوائيات أكثر ملائمة للمواقع التي تستخدم للربط مع عدة نقاط من أهم هذه الهوائيات هو الهوائي ثنائي القطب dipole أو هوائي نصف طول الموجة وهو الهوائي الذي طوله يساوي نصف طول الموجة المستخدمة أو المبثوثة ويتكون التيار من عقدتين وبطن واحدة إما الفولطية فتكون من عقدة واحدة وبطنين.

هذه الهوائيات تشع طاقة الترددات اللاسلكية بشكل متساو في جميع الاتجاهات في المستوى الأفقي. القدرة الخارجة من الهوائي 10 – 80 واط ، و حدود مسافة الامتثال تتراوح بين 0.1 – 1.5 متر من الهوائي.

الشكل (3 - 19) هوائي التغطية الاتجاهيه



2- هوائي تغطية القطاع Sector coverage

هذه الهوائيات تحدد معظم إشعاعها للطاقة الترددات اللاسلكية باتجاه زاوي ضيق الاتجاه إلى الأمام ويتراوح بين 60 إلى 120 درجة في الاتجاه الأفقي ، وبين ما بين 8 و 14 درجة في الاتجاه العمودي وهي تركز الإشارة اللاسلكية في منطقة محددة. القدرة الخارجة من الهوائي10 – 80 واط ، و حدود مسافة الامتثال تتراوح بين 0.2 – 3 متر من الوجه الأمامي للهوائي.

3 - الهوائيات الاتجاهيه directional

وهي الهوائيات التي تشع بمجال أضيق بكثير من مجال الهوائيات القطاعية التي تعمل بالترددات التي تتراوح بين 2.4 - 5 جيجا هرتز. تتمتع هذه الهوائيات بالربح الأعلى من بين الأنواع الأخرى ولذلك فهي تستخدم في الاتصالات للمسافات البعيدة. الهوائيات الاتجاهيه تشكل الخيار الأمثل في حالات الوصل بين نقطتين والتي تستخدم فيها الهوائيات لتوصيل موقعين فقط مع بعضهما البعض. الشكل (3 - 20).

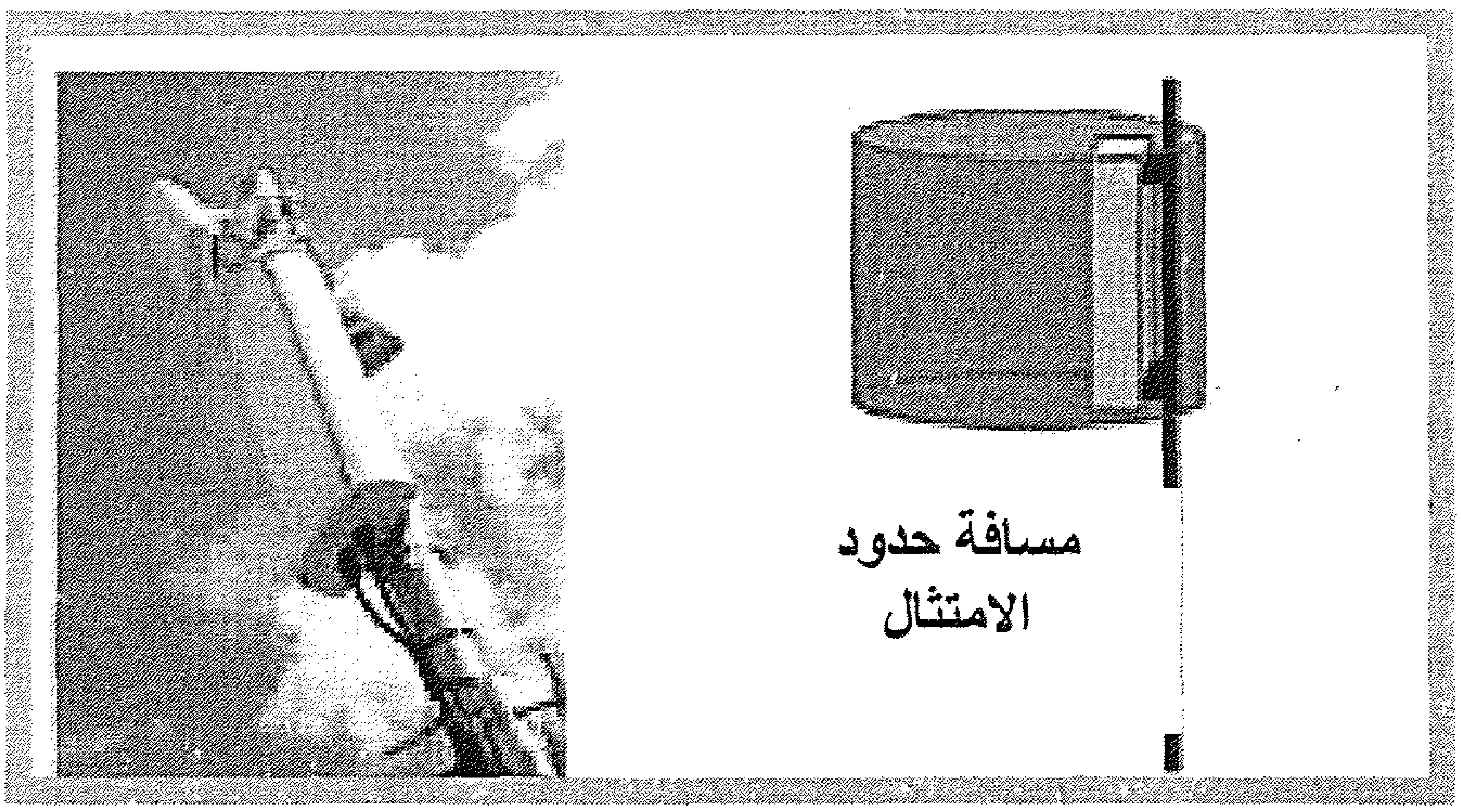
4- مجموعه الهوائيات (أو مزارع) Antenna farms (or clusters)

وتكون بشكل شبكة من الهوائيات (مجموعة هوائيات) ذات التغطية الاتجاهيه.وفي الشكل (3 - 21) توجد ثلاث مجموعات من الهوائيات المركبة فوق بعضها . في حالة وجود العديد من الهوائيات في الموقع ، كلما أضيف هوائي أخر في الموقع ينبغي حساب حدود مسافة الامتثال ، مع مراعاة حساب التعرض الإضافي.

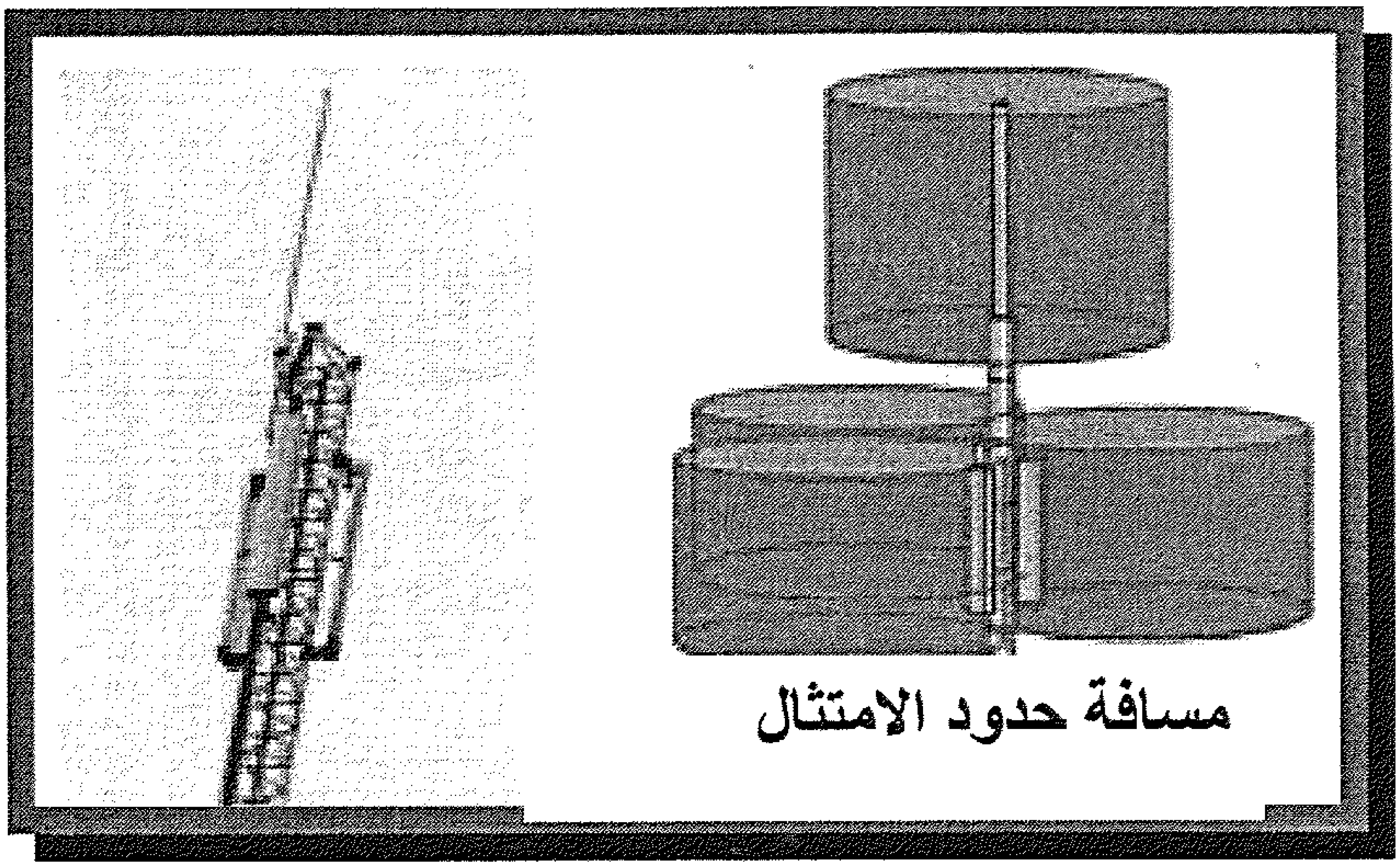
5 - الهوائي اللاسلكي ذي المراحل (الاتصال من نقطة ثابتة إلى أخرى) fixed Radio relay point-to-point link

هذه الهوائيات تركيز على نشر طاقة الترددات اللاسلكية بشكل حزمة ضيقة بالاتجاه الأمامي مثل الأطباق الشكل (3 - 22). وعادة ما تكون مستويات القدرة لهذه الهوائيات منخفضه ، وأقل من 1 واط ، فان سلامة المسافات الآمنة بالاتجاه الأمامي (L) غالبا ما تكون صغيرة (بالسنتمترات) . في كثير من الحالات التي لا توجد حاجة لأية مسافة أمان للتعرض المهني. المناطق على فوق وتحت وعلى جانبي الهوائي ورائه تكون آمنة في أقصر المسافات.

الشكل (3 - 20) الهوائيات الاتجاهيه



الشكل (3 - 21) مجموعه الهوائيات



ومع ذلك ، لا ينبغي أبدا وقوف العمال إمام هذه الهوائيات لأنه سوف يشوش على الاتصال قاطع ألاسلكي.

وتكون الهوائيات متشابهة تقريبا وتقوم على نفس المبدأ في هواتف نظم الاتصالات الشخصية(PCS) الحرارية باليد وهي أجهزة إرسال واستقبال للإشارات الراديوية والتي تستخدم تكنولوجيا الإرسال الرقمية ، بدلا من النظام التناظري والتي تستخدمها معظم "الهواتف الجوالة .

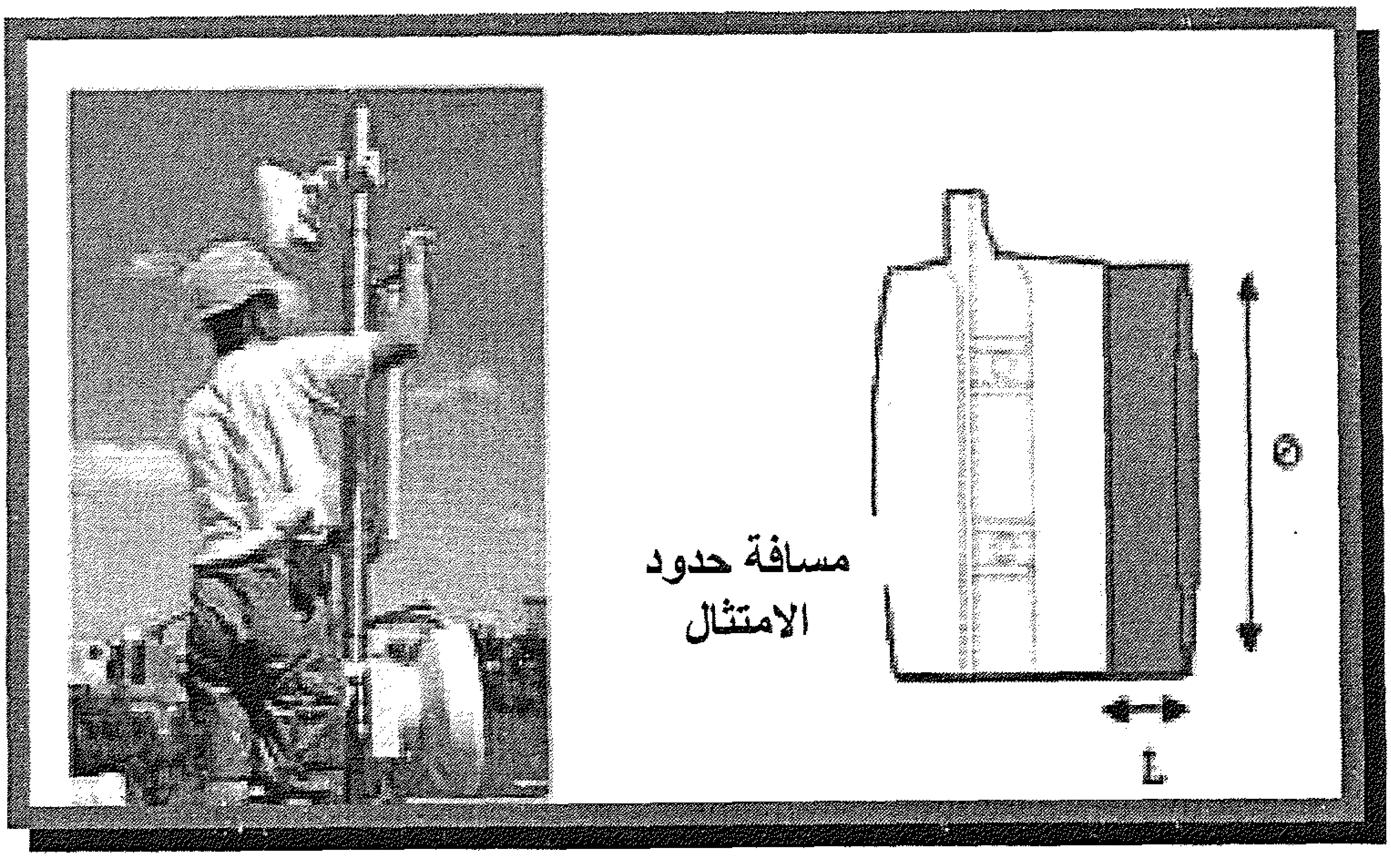
في الولايات المتحدة معظم الهواتف الجوالة القديمة تعمل على ترددات تتراوح بين 860- 900 ميجاهرتز ، في حين أن هواتف نظم الاتصالات الشخصية تعمل على ترددات تتراوح بين 1800- 2200 ميجاهرتز. ، والهاتف الجوال وأجهزة الكمبيوتر وقاعدتهم هوائيات محطة مماثلة. في الولايات المتحدة ، و الهواتف الاسلكية تعمل على ترددات تتراوح بين 45 إلى 2500 ميجاهرتز .

3- 8 إرسال الهواتف الجوالة

قدرة الترددات اللاسلكية من الهاتف تنتقل عن طريق الهوائي و الدوائر والعناصر داخل السماعة. الهوائي عادة ما يكون بشكل لولب معدني أو قضبان معدنية طولها

بضعة سنتيمترات تمتد من أعلى الهاتف ويكون كلا النوعين من الهاتف عبارة عن هواتف اتجاهية. على الرغم من أن المزيد من القدرة تشع في بعض الاتجاهات دون غيرها. في نقاط تبعد من الهوائي 2.2 سم (المسافة التي أجريت عليها العمليات الحسابية) ، القيم القصوى للمجال الكهربائي التي تم حسابها حوالي 400 فولط/ م لقدرة 2 واط ، لهاتف عند التردد 900 ميجاهرتز أو نحو 200 فولط/ م لقدرة 2 واط ، لهاتف عند التردد 1800 ميجاهرتز . الحد الأقصى للمجال المغناطيسي الذي تم حسابه حوالي 1مايكرو تسلا لكلا الهاتفين . لكل من لقدرة 2 واط ، لهاتف عند التردد 900 ميجاهرتز والهواتف 1 واط ، عند التردد 1800 ميجاهرتز الكثافة القصوى على بعد 2.2 سم من الهوائي حوالي 200 واط / م^2 وهذا هو حوالي ربع كثافة إشعاع الشمس في يوم صحو من أيام الصيف ، على الرغم من تردد الانبعاث من الهاتف حوالي مليون مرة أصغر من كثافة إشعاع الشمس). هذه هي المجالات

الشكل (3 - 21) ألهوائي ذي المراحل



والشدات عندما يكون الهوائي بعيدا عن الرأس أو الجسم. عندما يكون الهــوائي قريبا من الجسم ، فان الإشعاع يخترق الجسم ، ولكن المجال في الداخل أقل بكثير عنة في الخارج ، لنفس ألهوائي. على سبيل المثال ، أقصى مجال داخل الــرأس عندما يبعد سطحه 1.4 سم من الهوائي حوالي ثلاث مرات أقل من القيم المذكورة أعلاه. وبالإضافة إلى هذه المجالات للترددات اللاسلكية ، والتــي تكــون بــشكل نبضات عند التردد 8.34 هرتز و 217 هرتز ، وهناك مجالات مغناطيسية بالقرب من الهاتف والتي تتذبذب في نفس هذه الترددات ومقدارها بضع مايكرو تسلا . و هي التي تولدها التيارات المتدفقة من البطارية والتي تفــتح وتغلــق عنــد هــذه الترددات نتيجة الاستخدام المتعدد بالتقسيم الزمنيTDMA

الفصل الرابع

المحطات الأرضية للهاتف الجوال
Mobile Phone Base station

4 – 1المقدمة

المحطات الارضيه للهاتف الجوال هي عبارة عن محطات بث واستقبال للموجات الراديوية منخفضه القدرة. وكذلك فان الهاتف الجوال جهاز منفرد القناة لبث واستقبال الموجات الراديوية منخفضه القدرة. عندما يتحدث شخص وربما عشرات الأشخاص عبر الهاتف الجوال ، فيتم التحدث إلى المحطة الارضيه (الخلية) القريبة من القاعدة. تنتقل المكالمة الهاتفية من تلك المحطة إلى المنظومة الارضيه لأن الهواتف الجوالة والمحطات الارضيه هي أجهزة بث واستقبال للموجات الراديوية ، والتي تؤدي إلى بعث إشعاع التردد الراديوي ، وتعريض الناس القريبين منها . كل من الهاتف الجوال والقاعدة الارضيه ذات قدرة منخفضه (قصيرة المدى) ،فان مستوى التعرض للتردد الراديوي للموجات الراديوية تكون عموما منخفضه للغاية . وقد بينت اللجان العلمية العالمية بان القدرة المنبعثة من المحطات الارضيه لهوائيات الهواتف الجوالة منخفضه جدا بحيث لا تؤدي إلى مخاطر صحية جدية ما دام الناس لا يقتربون بشكل مباشر إلى هوائي المحطات الارضيه. ومن الأهمية بمكان أن ندرك الفرق بين الهوائي (الجهاز الذي ينتج التردد الراديوي) ، والا براج وهي الهياكل التي توضع عليها الهوائيات. حيث يحتاج الناس إلى الابتعاد عن الهوائيات وليس عن الأبراج . ومن المهم أيضا أن ندرك أن هناك العديد من التصاميم المختلفة من محطات قاعدة الهاتف الجوال التي تختلف بشكل واسع في قدرتها ، خصائصها ، وإمكاناتها لتعريض الناس للإشعاع التردد الراديوي.

تتألف المحطة الارضيه للهاتف الجوال من عدد من المعدات منها الهوائي ،البرج الذي يكون بطول مناسب لكي يوفر التغطية الجيدة ، والمعدات .

4 – 2 الأبراج

الأبراج هي هياكل حديدية لا تشع ولا تستقبل إلا عن طريق أعلى نقطة في البرج وهي الهوائي . قدرة الموجات اللاسلكية التي تنبعث من أبراج الهواتف الجوالة مساوية أو أقل من قدرة الموجات اللاسلكية التي تنبعث من أبراج الراديو والتلفزيون والكمبيوتر .

توجد أربعة أنواع مختلفة من الأبراج:

أ. البرج المشبك Lattice tower

تسمى أحيانا البرج المسند ذاتيا ، وهو يتيح أكبر قدر من المرونة ، وكثيرا ما تستخدم في ظروف الاتصالات الكثيرة. ويتكون عادة من ثلاثة جوانب و قاعدة ثلاثية أو البعض من أربعة جوانب. شكل (4 – 1 أ)

ب - البرج أحادي القطب Monopole Tower

برج يتكون من أنبوب واحد. لا يزيد ارتفاعه على 50 متر. تثبت الهوائيات على السطح الخارجي للبرج. شكل (4 – 1 ب)

ت - ألبرج المرشد Guyed Tower

أرخص أنواع الأبراج ، و تحتاج إلى مساحة واسعة من الأرض. يصل ارتفاعه إلى 90 متر أو أكثر. معظم أبراج محطات الإذاعة والتلفاز هي من هذا النوع. ويثبت البرج بواسطة أسلاك على سطح الأرض. شكل (4 – 1 ت)

ت - برج الشبح أو السري Stealth Tower

تكون هذه الأبراج أكثر كلفة من الأنواع الأخرى لأنها تحتاج إلى مواد إضافية لتخفي رؤية الهوائي وهي لا توفر نفس السعة من الهواتف. ويوضح الشكل (4 – 1 ث) واحد من أكثر أبراج الشبح شيوعا الموجودة في كنيسة في كاليفورنيا.

تحاول شركات الاتصالات عند تنصيب أبراج الهوائيات أن لا تكون سببا في حجبت المناظر الطبيعية. لذلك تستخدم الأبراج النحيفة مع جعل رأسها صغيرا وتصبغ بألوان تحاكي الطبيعة المحيطة أو جعلها بشكل شجرة أو تعلق بشكل خفي

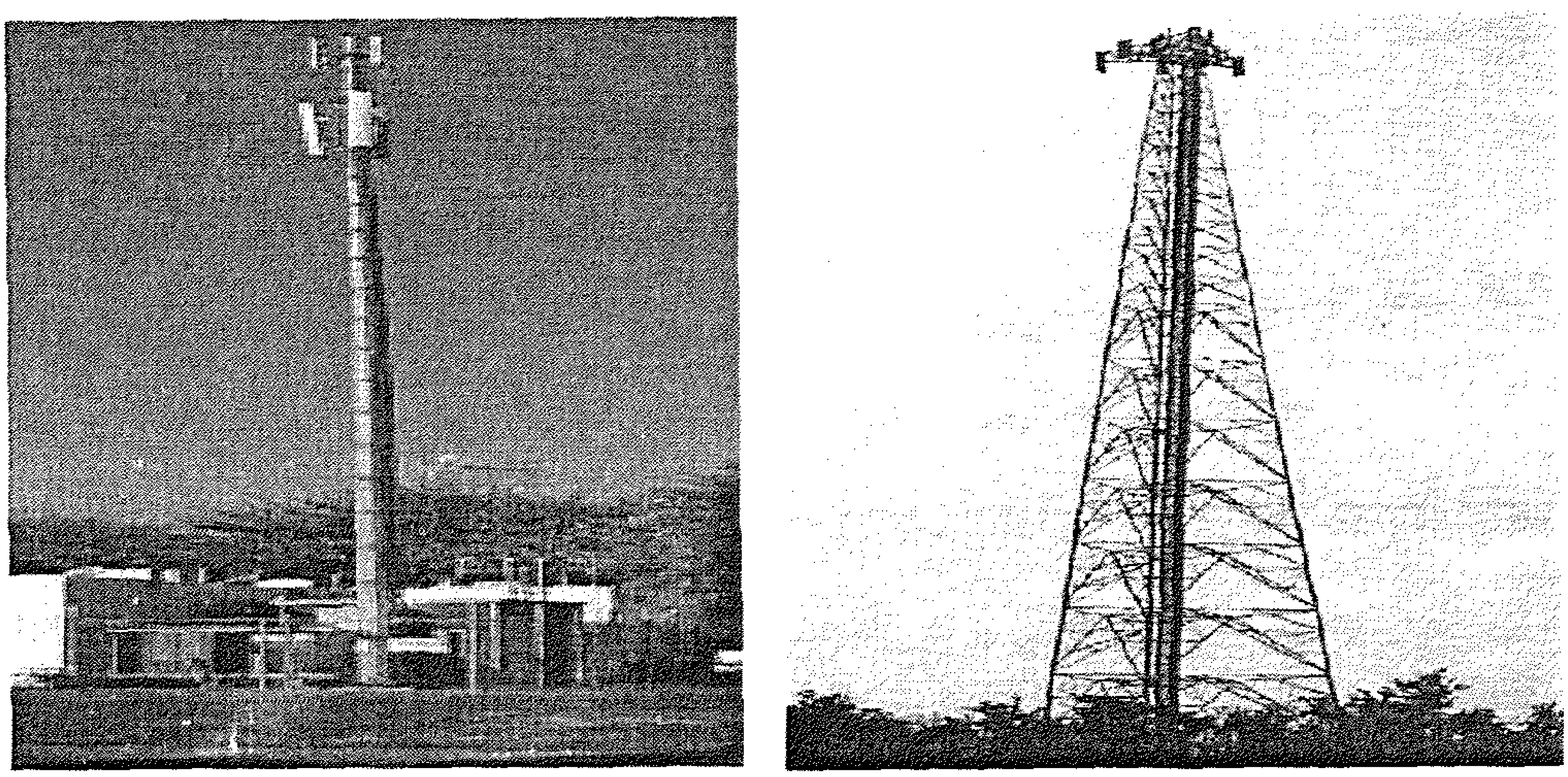
على مصابيح الشوارع. أو توضع على الأسطح أو علـــى أبـــراج الكهربـــاء ذات الجهد العالي شكل(2)

يتم وضع هوائيات المحطة الأساسية بمكان عال على السطح، على سارية أو بـــرج لتكون قادرة على تغطية منطقة كبيرة .وفي مركز التسوق التجارية والمطـــارات و المكاتب والأماكن الأخرى التي بها العديد من المستخدمين، يتم غالبًا وضع الهوائيات على الحوائط أو بالأسقف لتقديم الخدمة لمناطق أصغر.

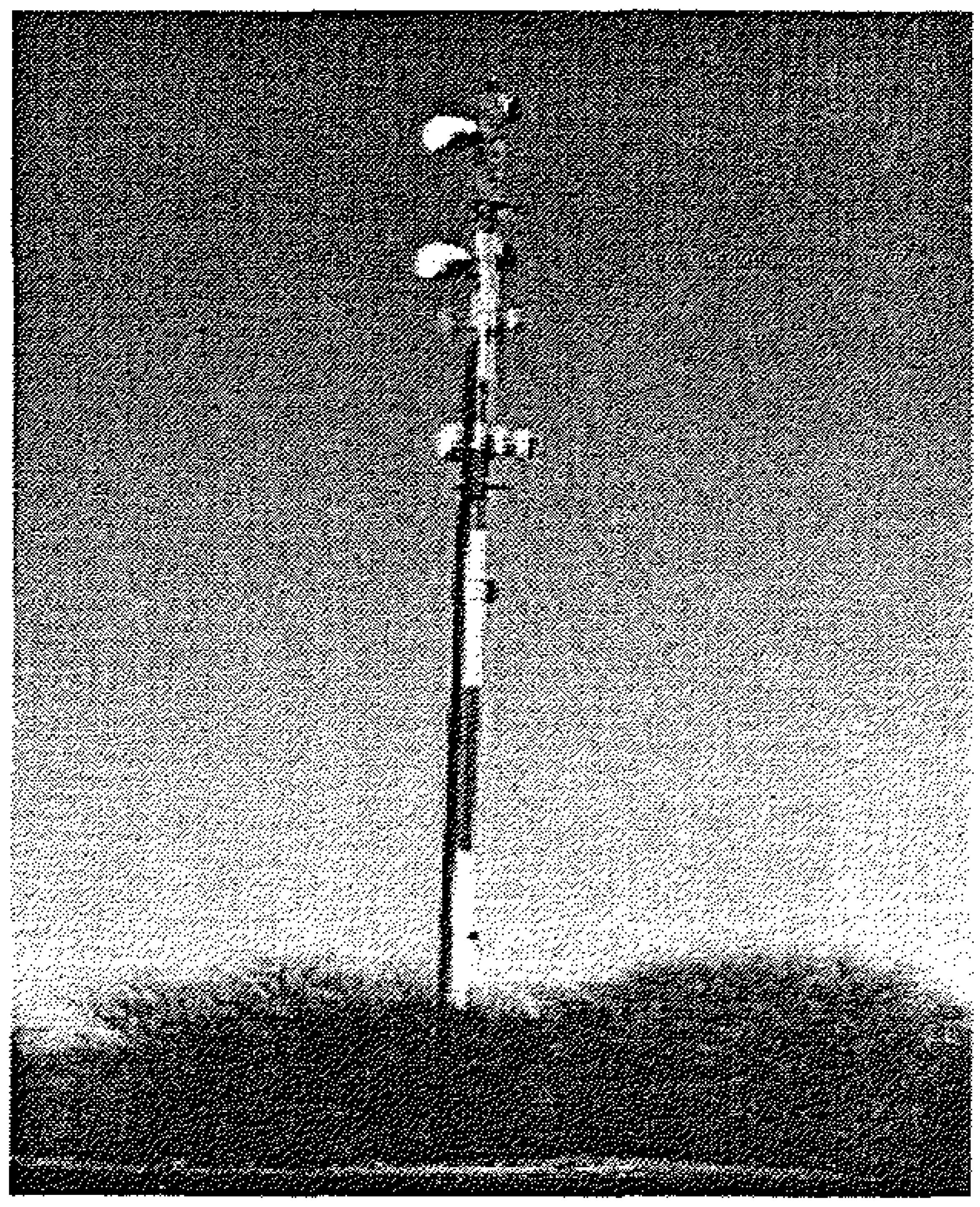
يتراوح مستوى الطاقة الصادر بين 10 و 40 واط للمحطة الأساسية الخارجيـــة . ويمكن مقارنة هذا بأجهزة إرسال التلفاز والتي غالبًا ما تكون الطاقة الصادرة عنها اكبر بآلاف المرات .والهوائيات التي يتم تثبيتها داخليًا يكون لها نفس الطاقة الصادرة من الهواتف الجوالة العادية تقريبًا.

شكل (4 – 1) أنواع الأبراج

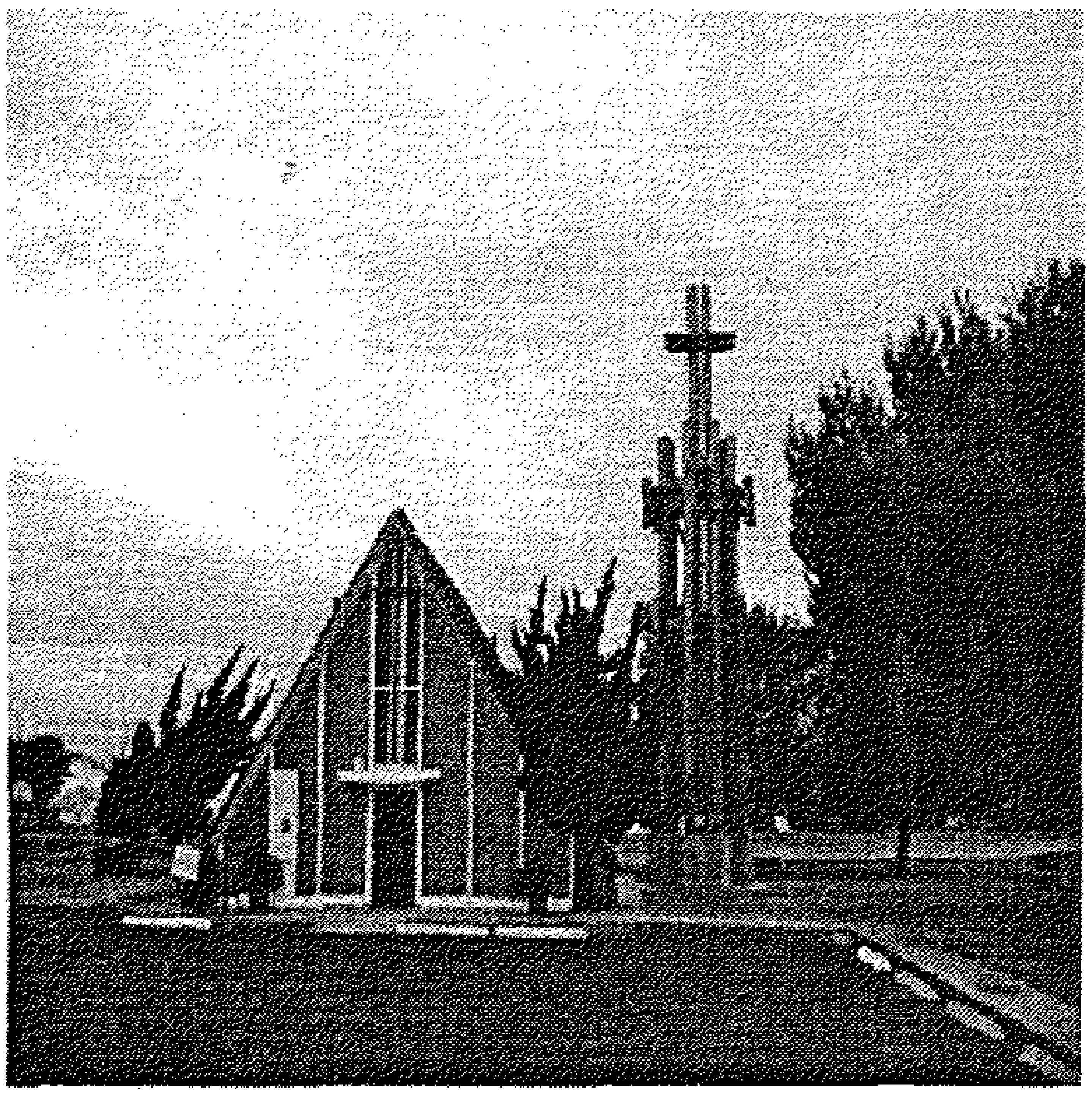
أ **ب**



ت



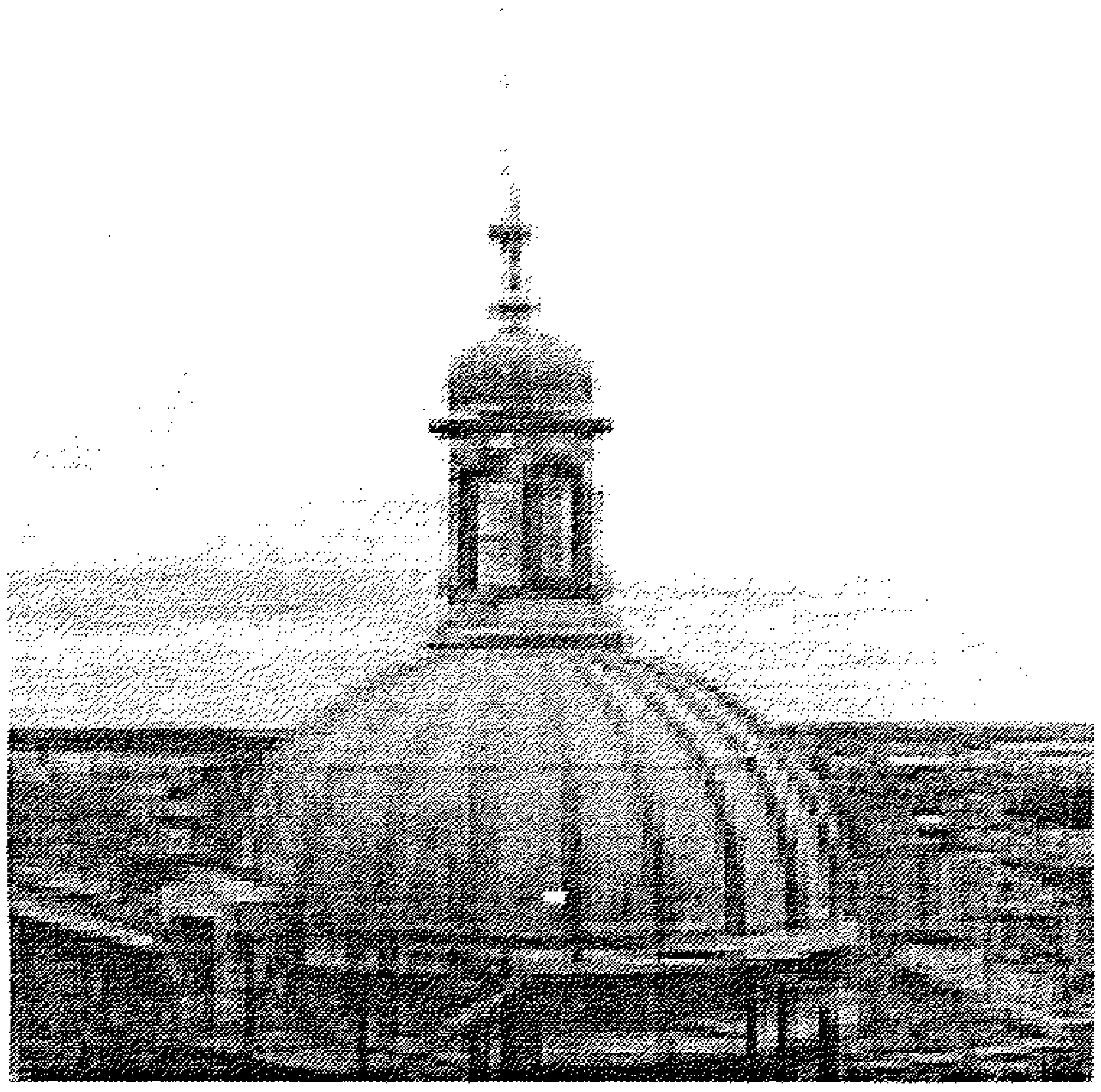
ث

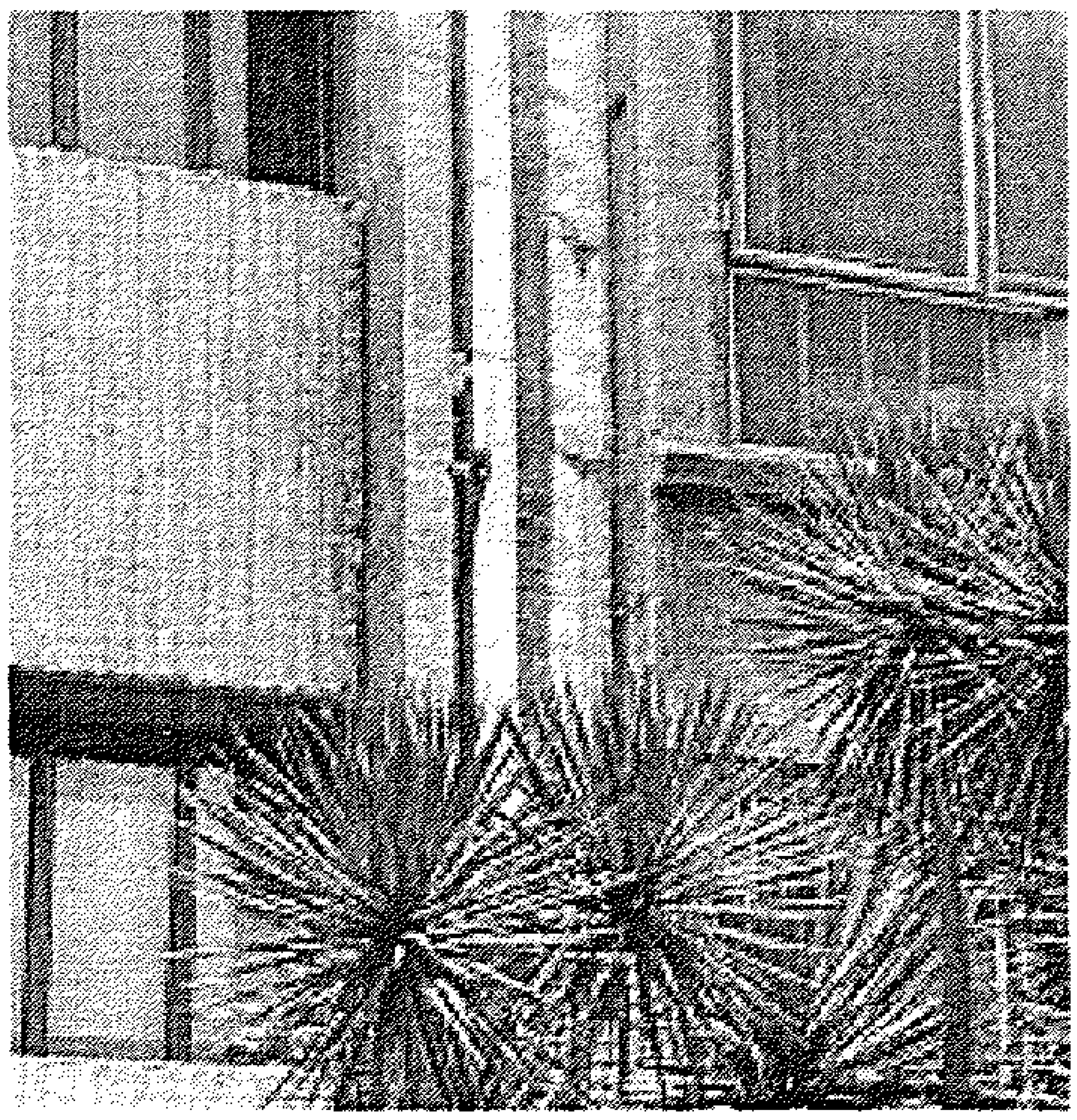


وتختلف مساحة هذه المنطقة من سنتيمترات قليلة للهوائيات الموجودة بالمباني الصغيرة إلى بعض الأمتار للهوائيات المثبتة في السواري وبالأسطح .ويتم تركيب الهوائيات بهذا الشكل حتى لا يستطيع الأفراد غير المصرح لهم الوصول للمنطقة التي قد تتجاوز فيها حدود التعرض للموجات اللاسلكية.

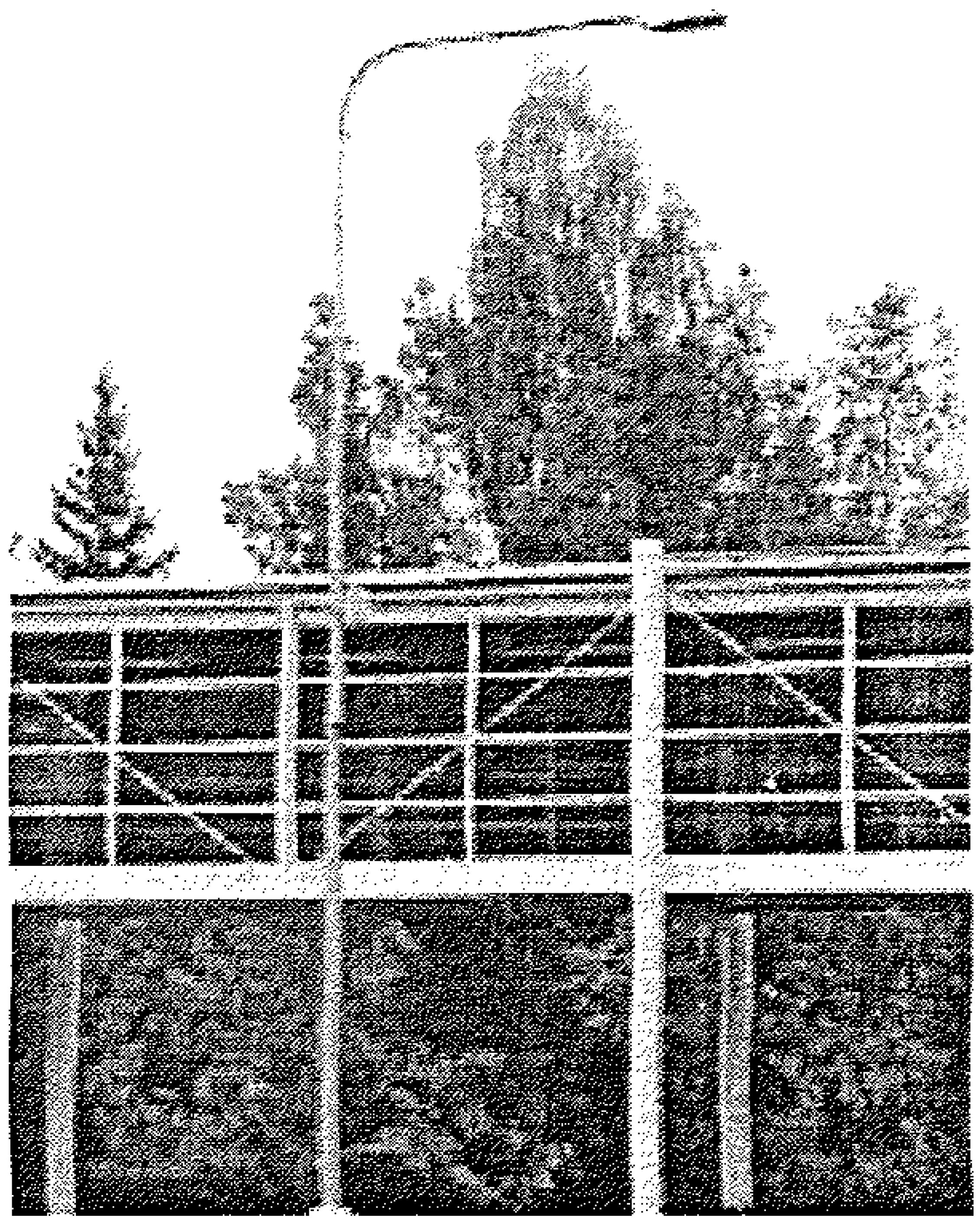
وفي مراكز التسوق التجارية والمطارات والمكاتب والأماكن الأخرى فتستخدم محطات الهوائيات الصغيرة (Microcells) والتي تساعد الشركات على تلبية حاجات العملاء على ارتفاع الطلب للخدمة الهاتفية في المناطق المزدحمة. عادة ما تكون مركبة على الجدران الخارجية ، وعلى مصابيح النيون.

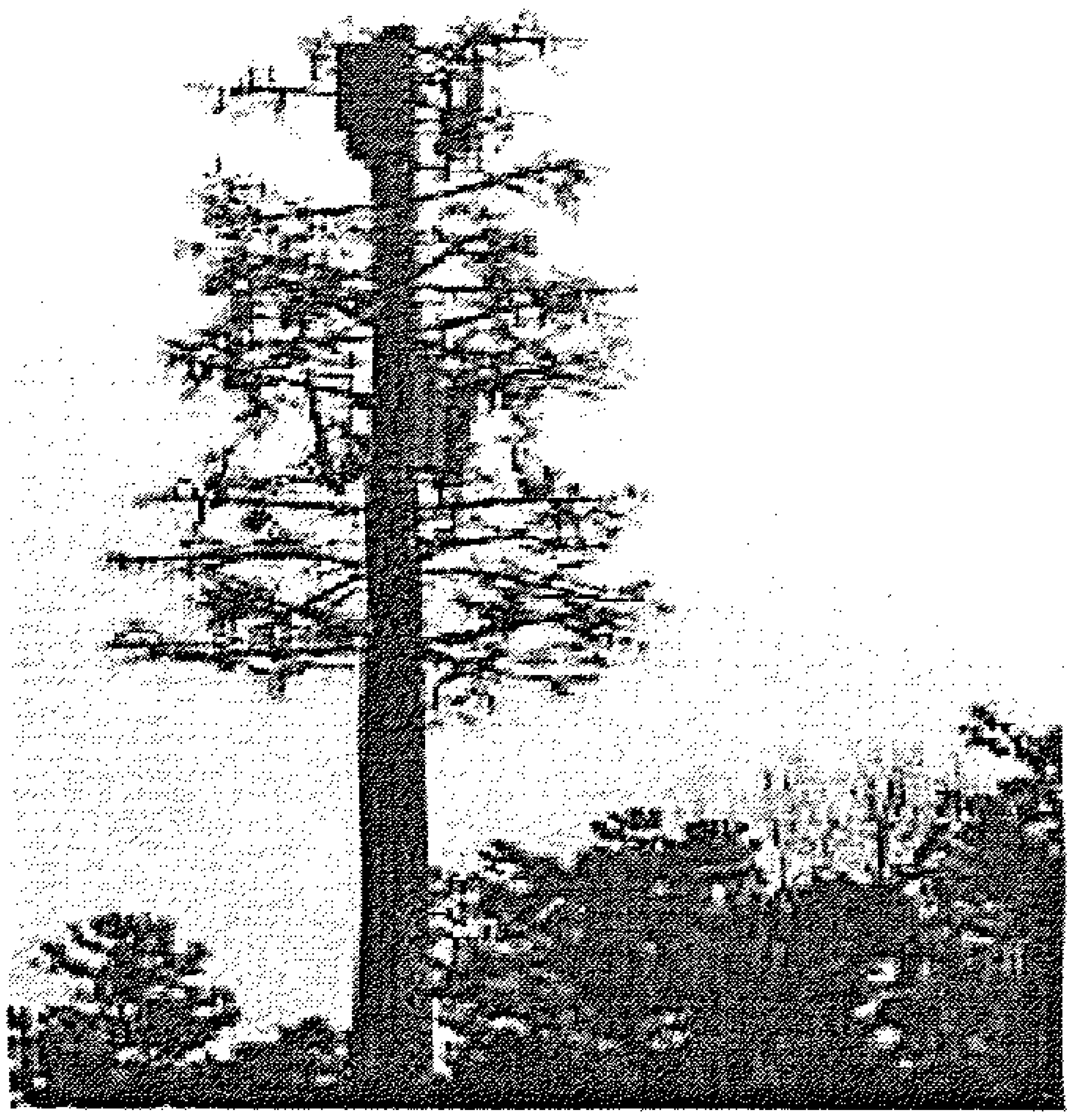
شكل (4 - 2) طريقة تثبيت ساريات الهوائيات السارية مختفية في بناية تاريخية السارية مختفية في واجهة البناية





السارية مختفية بمصباح الشارع   **برج الهوائي بشكل شجرة**





العديد من المستخدمين،يتم غالبًا وضع الهوائيات على الحوائط أو بالأسـقف لتقـديم الخدمة لمناطق أصغر. يتراوح مستوى الطاقة الصادر بين 10 و 40 واط للمحطة الأساسية الخارجية .ويمكن مقارنة هذا بأجهزة إرسال التلفاز والتي غالبًا ما تكـون

الطاقة الصادرة عنها أكبر بالآلاف المرات .والهوائيات التي يتم تثبيتها داخليًا يكون لها نفس الطاقة الصادرة من الهواتف الجوالة العادية تقريبًا.وتقدم كل محطة أساسية الخدمة فقط لعدد محدود من المستخدمين في نفس الوقت .عادة ما تكون المسافة بين محطات الهوائيات الصغيرة 300 متر - 1 كيلو متر وتكون القدرة الخارجة منها اقل مما هو للمحطات الكبيرة .

4 – 3 المعدات

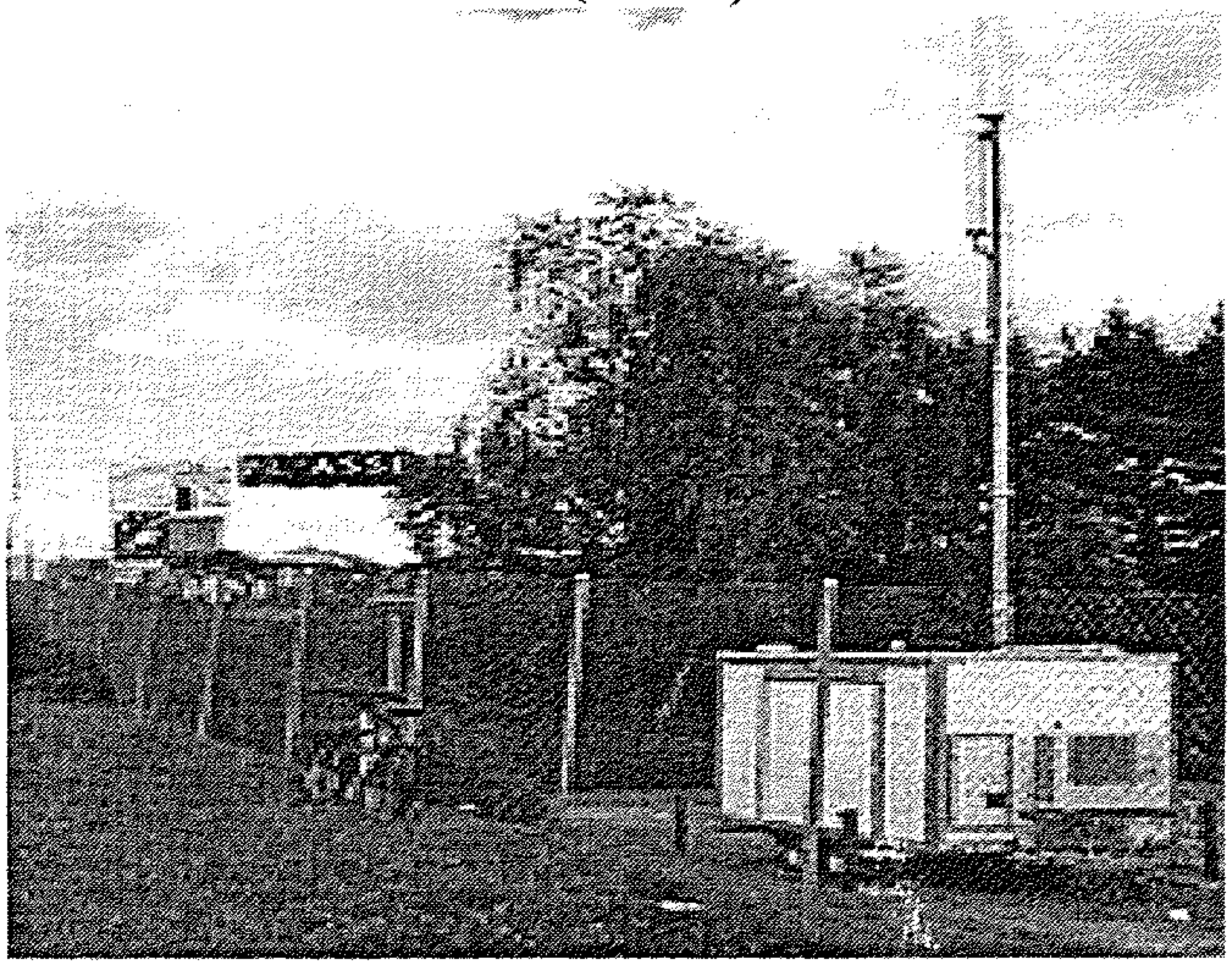
كل مستأجر لشركة اتصال من اللذين وضعوا هوائي الهاتف الجوال على برج الإرسال يستخدمون أجهزة الإرسال التي توضع في كابينة أو بناية . الشركات تستخدم وسائل مختلفة لحماية معداتهم منها بناء سياج واقي يمنع دخول غير المخولين إلية وتوضع علية علامات تحذيرية . هذه المعدات تسمى محطة الإرسال والاستقبال الارضيه "BTS". شكل(4 – 3)

واهم المعدات في المحطة الارضيه للهاتف الجوال ما يلي :

1 - قاعدة محطة الإرسال والاستقبال (BTS) Base transceiver station :

قاعدة محطة الإرسال والاستقبال هو مجموعة من المعدات التي تسهل الاتصال اللاسلكي بين أجهزة المستخدم والشبكة وهي الجزء التقليدي لشبكة الهاتف الجوال المسؤولة عن التعامل مع إشارات المرور بين شبكة الهاتف الجوال وشبكة التحويل الفرعية. والتي تنفذ تحويل الشفرة لقنوات التعبير ، تخصيص القنوات الراديوية على الهواتف الجوالة ، الترحيل ، إدارة الجودة في الإرسال والاستقبال ،والعديد من المهام الأخرى ذات الصلة بالشبكة اللاسلكية. قاعدة محطة الإرسال والاستقبال ، تحتوي على معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية transceivers ، الهوائيات ، ومعدات لتشفير وفك التشفير.

شكل(4 – 3) المعدات



معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية تتعامل مع مختلف الترددات والقطاعات المختلفة من الخلية. وتتم السيطرة عليها في المحطة الرئيسية بواسطة منظومة التحكم والمراقبة في المحطة والتي يتم تنفيذها كوحدة منفصلة أو تدمج في معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية في المحطات القاعديه. قاعدة محطة الإرسال والاستقبال توفر عمليات التشغيل والصيانة المربوطة إلى نظام إدارة الشبكة ، فضلا عن التعامل مع البرامج. يختلف عمل المحطة باختلاف تكنولوجيا الهاتف الجوال المستخدمة وشركات الهاتف فبعض شركات الهواتف تبني محطاتها بحيث تسهل الإرسال والاستقبال بمنظومة الربط بالهواء Um. وتستقبل المعلومات بجهاز الإرسال العادي. الربط الهوائي بين محطة التليفون الجوال و محطة إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية يستخدم بروتوكول LAPDm للإشارة لإجراء المكالمة، السيطرة على المكالمة. التقرير ، والتسليم ، السيطرة على القدرة ، والتوثيق ، والتخويل ، تحديث الموقع –الخ. يتم إرسال الإشارات بشكل رشقات بزمن 0.577 مللي ثانية على فترات من4.615 مللي ثانية ، لتشكيل البيانات في20 مللي ثانية.

ومن الربط الأرضي تحول إلى ربط المحطة ثم الربط المكـــرر Abis وأخيـــرا ترسل إلى محطة السيطرة BSC. وهناك شـــركات تبنـــي محطـــات الإرســـال والاستقبال بحيث أن المعلومات يعاد معالجتها بشكل كامل. الميزة المهمة في هـــذه الحالة هو الحمل القليل على الربط المكرر .

2 - قاعدة محطة السيطرة base station controller (BSC)

تقوم هذه المحطة بشكل تقليدي بتبادل المعلومات مع محطات الإرسال والاستقبال. وعادة ما تسيطر هذه المحطة على عشرات أو حتى مئات من محطات الإرســـال والاستقبال. محطة التحكم تقوم بتخصيص القنوات الاسلكية، وتـــسيطر علـــى عملية التسليم بين محطات الإرسال والاستقبال (ما عدا الحالة المشتركة بين التسليم في داخل محطة التحكم حيث تكون مهمة التحكم جزء من مسؤولية مركز التحويل للاتصالات الجوالة). ومن بين المهام الرئيسية لمحطة السيطرة هو عملها لتركيـــز مختلف الاتصالات ذات السعة والاستخدام القليل إلى محطات الإرسال والاستقبال وبذلك ينخفض عدد الاتصالات الجوالة في اتجاه مركز التحويل (مستوى عال من الاستخدام) . هذا يعني أن الشبكات في كثير من الأحيان تنظم لتتضمن العديد من محطات السيطرة إلى المناطق القريبة من محطات الإرسال والاستقبال التي يـــتم توصيلها إلى المواقع المركزية. ومما لا شك فيه تعتبر محطات التحكم العنـــصر الأكثر قوة في خدمات المحطات الارضيه لأنها ليست كوحدة تحكم في محطـــات الإرسال والاستقبال ، ولكن بالنسبة لبعض الشركات تعتبر مركز تحول كامل مـــع المحطة الرئيسية . كما يوفر جميع البيانات المطلوبة لدعم عمليـــة المنظومـــات الفرعية ، وكذلك لقياس أداء المراكز. محطات التحكم غالبا ما تقوم على توزيـــع أسلوب بناء البرامج الحاسوبية ، مع تكرار تطبيقها لوحـــدات وظيفيـــة حاســـمة لضمان تجنب ظروف الخطأ. التكرار غالبا ما يمتد إلى أبعد من معدات محطـــات التحكم نفسها ويشيع استخدامها في إمدادات الطاقة الكهربائية ومعدات الإرسال التي توفر الربط الهوائي على علبة وحدة الـــتحكم Packet Control Unit PCU .

قواعد البيانات لجميع المواقع ، والتي تشمل المعلومات مثل ناقل الترددات ، وتواتر التنقل بين القوائم ، وتقليل مستويات القدرة ، وتلقي المستويات لحساب حدود الخلية ، يتم تخزينها في محطة التحكم. هذه البيانات يتم الحصول عليها مباشرة من تخطيط الهندسة الإذاعية التي تنطوي على نمذجة انتشار الإشارة وكذلك توقعات المرور .

3 - وحدة الترميز (التشفير) Transcoder

وحدة الترميز تكون مسؤولة عن ترميز قناة الصوت بين الترميز المستخدمة في شبكة الهاتف النقال ، والترميز المستخدم في دوائر التحكم بالشبكات في العالم ، والتحكم في شبكة الهاتف العامة. وعلى وجه التحديد ، فان النظام العالمي للهواتف الجوالة GSM التي يستخدم نبضات منتظمة مثارة للتنبؤ على المدى الطويل . الترميز لبيانات الصوت يحصل بين الهاتف الجوال و محطات الخدمة (BSS) ، ولكن ترميز نبضات التضمين (A-law) يكون موحدا من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات لكل محطات الخدمة. ترميز النبضات المنتظمة المثارة ، يؤدي إلى إنتاج معدل لبيانات ألصوت مقدارها 13 كيلوبت / ثانية بينما معيار ترميز PCM هو 64 كيلو بايت / ثانية وبسبب هذا التغيير في معدل البيانات لنفس المكالمة الصوتية ، وظيفة وحدة الترميز هو التخزين المؤقت بحيث أن ترميز كلمات مقداره 8 بايت يمكن أن يسجل لبناء GSM بحظر حركة المرور بمقدار 20 ملي ثانية. عملية الشفرة تعرف بأنها الوظيفة الأساسية للمحطة الارضيه ، وهناك عدد من الشركات التي وجدت حلا خارج نطاق محطة السيطرة. بعض الشركات قد نفذت ذلك في موقع قائم بذاته باستخدام الربط المناسب . قامت شركة سيمنس ونوكيا باستخدام التشفير في منظومات ثانوية منفصلة والتي عادة ما تقع في المحطة الرئيسية. في بعض منظومات إريكسون فان التشفير يدمج في المحطة الرئيسية بدلا من محطة السيطرة. السبب وراء هذه التصاميم أن ضغط القنوات

الصوتية يتم في المحطة الرئيسية ، عدد نوافل البث الثابتة بين محطة الخدمة والمحطة الرئيسية يمكن أن يتناقص ،وبذلك تقل تكاليف البنية التحتية للشبكة. المنظومات الثانوية يشار إليها بوحدات التشفير ووحدات التعديل. بعض الشبكات تستخدم 32 كيلو بيت / ثانية على الجانب الأرضي في الشبكة بدلا من 64 كيلوبت / ثانية. عندما يكون انتقال الإشارات غير صوتي ولكن جملة من البيانات مثل الفاكس أو البريد الإلكتروني ، فيمكن أن تكون وظيفة وحدة معدل التكيف لإعطاء التوافق بين معدل البيانات بين , محطة الخدمة والمحطة الرئيسية.

4 - علبة وحدة التحكم Packet control unit PCU

علبة وحدة التحكم هي الإضافة الحديثة لمعيار نظام GSM وتؤدي بعض المهام في معالجة حزم البيانات لمحطة السيطرة. تخصيص قنوات للصوت والبيانات يتم السيطرة عليها بواسطة المحطة الارضيه ، وحال تخصيص القناة على وحدة PCU فإنها تأخذ السيطرة الكاملة على تلك القناة. وحدة يمكن أن تبنى في المحطة الارضيه ، أو محطة السيطرة ، أو حتى في بعض التصاميم المقترحة ، يمكن أن يكون في موقع SGSN.

4 – 4 محطات استقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية للهواتف الحرارية

تقوم فكرة الهاتف الجوال على أساس عمل الراديو ،حيث يمكن تطوير تكنولوجيا جديدة لاستقبال وإرسال البيانات ،عبر مجموعة من الترددات التي يمكن استخدامها عدة مرات و ضغط البيانات ، وإرسالها ،عبر وحدات زمنية قصيرة جدا ،لإجراء مجموعة من المكالمات الهاتفية في نفس الوقت . تعتمد هذه التكنولوجيا علي وحدة أساسية تسمي الخلية وهذه الخلايا الوهمية تكون في العادة مركزا لنطاق جغرافي محدد و يشبه إلى حد بعيد الشكل السداسي لخلايا النحل وتعتبر جزءا من النظام الجوال للشبكة . وهذه الخلايا تعمل على الترددات التي يتم إجراء المكالمات عليها .او يمكن أن تضم كل خلية مجموعة من الترددات ويمكن لكل تردد أن يعالج

ثماني مكالمات في نفس الوقت , فإذا كان لدينا 4 ترددات في خلية واحدة مثلا ،فإن هذه الخلية يمكن أن تعالج 32 مكالمة في نفس الوقت . وتشكل مجموعة الخلايا ما يسمى بالمحطة الارضيه (Base Transceiver Station) (BTS) ، وهي تشمل المحطات الموجودة فوق أسطح المباني . ويوجد نوعان من الشبكات المستخدمة :

1- الشبكة الشخصية اللاسلكية (WPAN) (Wireless Personal Area Network)

تكنولوجيا البلوتوث تعمل في مجال ضيق لا يتعدى أمتارا ،لذا فإن استعمالاتها تنحصر في **الأماكن** الضيقة عبر الشبكة اللاسلكية الشخصية كالمنازل والمكاتب الصغيرة . البلوتوث هو نظام تم تطويره من قبل مجموعة من شركات الالكترونيات العملاقة المساهمة في هذا المشروع من أمثال سيمينز وإنتل وتشيبا وموتورولا وايريكسون والتي قامت بصنع جهاز دائري صغير يُوضع في أجهزة الكمبيوتر والتلفون للسماح لأي جهازين الكترونيين – حواسيب وتلفونات خلوية ولوحات المفاتيح – بالقيام بعملية اتصال لوحدهما بدون أسلاك أو كابلات أو أي تدخل من قبل المستخدم.لبلوتوث ثلاثة فوائد:

- البلوتوث هو لاسلكي، فلا تحتاج إلى حمل الكثير من الأسلاك عند الانتقال من مكان إلى آخر! وأيضا تستطيع أن تصمم غرفة الكمبيوتر من دون القلق بشأن الأسلاك
- رخيص الكلفة
- لا يتطلب جهدا كبيرا في تنصيب المنظومة .

نظام البلوتوث يرسل إشاراته بتردد يبلغ 2.45 GHz وقيمة هذا التردد قد تم الاتفاق عليه من قبل الاتفاقية العالمية لاستعمال الأجهزة الصناعية والعلمية والطبية ISMيستثمر هذا التردد في أجهزة التحكم عن بعد كفتح الأبواب. من مشاكل استخدام النظام هو التداخل مع بقية الأنظمة مثل الكمبيوتر الشخصي ،أجهزة

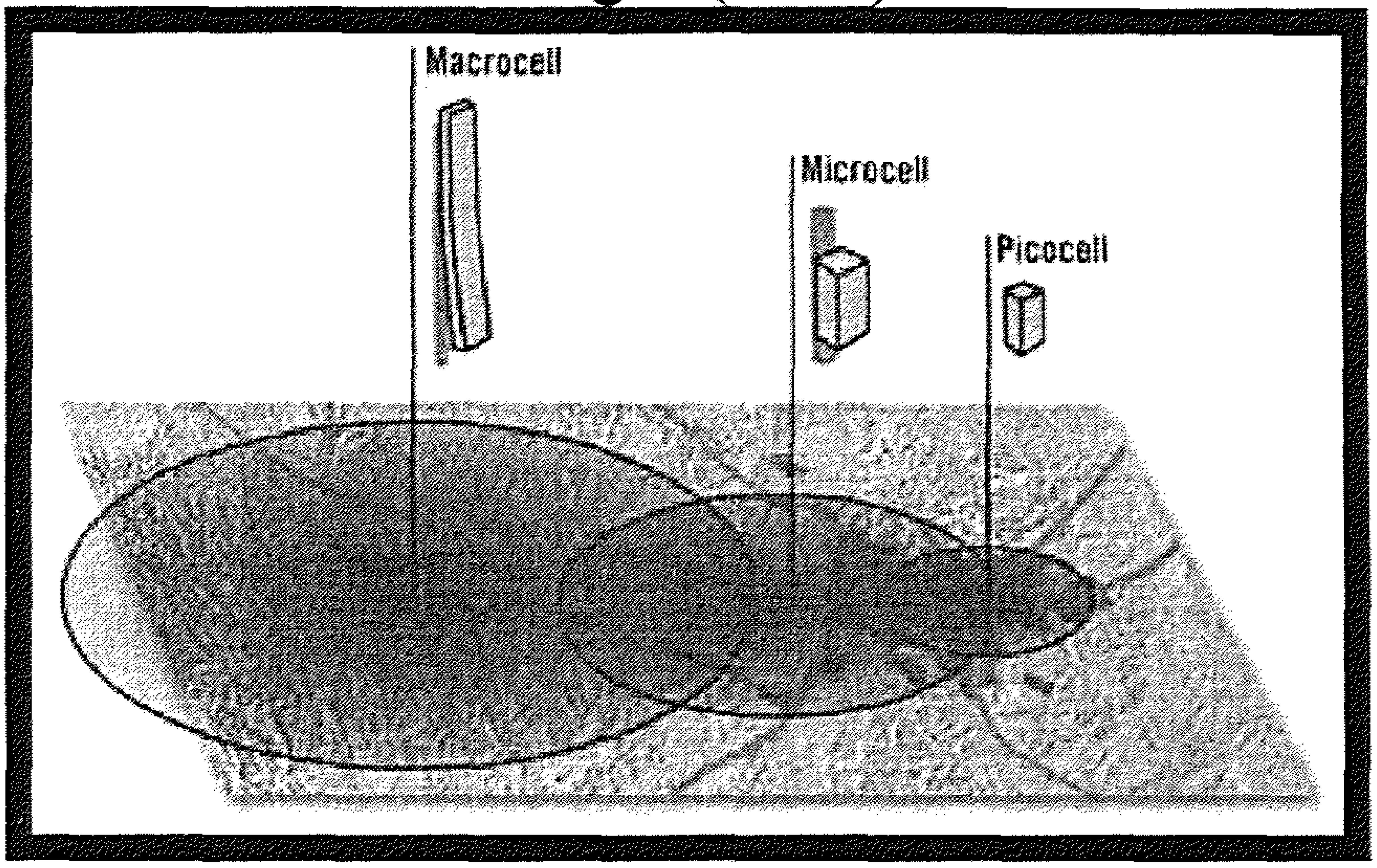
التلفون أو التلفزيون . لأن هذه الأجهزة ستعمل على ترددات مختلفة وفي أوقات مختلفة مستخدمة تقنية معينة "تسمى وثبة تردد الطيف المنتشر -spread" spectrum frequency hopping. باستخدام هذه التقنية فإن الجهاز المرسل سيغير قيمة التردد 1600 مرة في كل ثانية، . وعلى ذلك، فإن هناك احتمال بعيد جدا أن يقوم جهاز البلوتوث باستعمال نفس التردد في نفس الوقت بالإضافة إلى ذلك يتم إرسال إشارات ضعيفة جدا تبلغ قدرتها 1 ملي واط. وعلى الرغم من ضعف هذه الإشارات، فإنها تنفذ خلال الجدار ، مما يسمح لهذه التكنولوجيا الجديدة بالتحكم في الأجهزة الموجودة في غرف مختلفة .مما يعني أن أجهزة أكثر تستطيع الاستفادة من طيف الراديو المحدد. وعلى ذلك، فإن هناك احتمال بعيد جدا أن يقوم جهازا بلوتوث باستعمال نفس التردد في نفس الوقت .

2- ألشبكات المحلية اللاسلكية WLAN -Wireless Local Area Network

وهي خاصة بالشبكات المحلية في الشركات والمنازل والأماكن العامة . فكل الأجهزة الموجودة في نطاق مغطي بالشبكات المحلية اللاسلكية WLAN يمكنها التوصل بينها وبين بعضها . وهنا توجد ملاحظة على صعوبة التغيير من نوعية الشبكة المحلية للشبكة الشخصية مثلما نفعل مع الهاتف الجوال عند تغير الشريحة ولكن من الممكن الدخول علي الشبكات اللاسلكية المحلية المختلفة بشرط أن تكون في نفس إطار محيط البث، وتتيح الشبكات اللاسلكية المحلية الاتصال في محيط يصل إلى 100 متر .

تتكون شبكات الاتصالات المتنقلة للهاتف الجوال تنقسم إلى مناطق جغرافية تسمى الخلايا (cells) والتي أدت إلى تسمية الهاتف بالهاتف الجوال ،تحتوي الخلية على الهوائي و المحطة الارضيه التي تخدمه ومجموعة الخلايا تكون الشبكة . توجد ثلاثة أنواع من الخلايا والتي تعتمد على ألحجم والطاقة المرسلة من الهوائي وهي:

شكل (4 - 4) أنواع من الخلايا



الخلايا الكبيرة macrocells:

الخلايا الكبيرة توفر الهيكل الرئيسي لمحطة شبكة القاعدة وتوفر كـــذلك التغطيـــة الرئيسية في شبكة الهاتف النقال وتوضع هوائياتها على الأرض أو علـــى أســـطح المنازل وغيرها من الهياكل القائمة. ولا بد من وضعها على ارتفاع بحيث لا يعوق انبعاثها من المباني المحيطة والتضاريس. المحطات القاعديه للخلايا الكبيرة تكون فيها الطاقة المرسلة من الهوائي عشرات من الواط وتستطيع الاتصال مع الهواتف إلى بعد 35 كيلومتر. القياسات تشير إلى أن التعرض لعامة الـــسكان مـــن هـــذه المواقع هي عادة اقل بمقدار عدة مئات أو آلاف المـــرات مـــن حـــدود المبـــادئ التوجيهية للتعرض. لكن هناك مخاوف حول ما إذا كـــان الانبعـــاث مـــن جميـــع المحطات القاعديه منخفضا ، أو حول ما إذا كان أن هذا الانبعاث له أثار صحية غير معروفة ، أو زيادة استخدام الاتصالات بالهواتف المتنقلة ، سوف يزداد.

الخلايا الصغيرة microcells :

تستخدم الخلايا الصغيرة لتحسين الشبكة الرئيسية وخصوصا عندما توجـد فيهـا أعداد كبيرة من المستخدمين للهاتف.توضع الهوائيات على مـــستوى الـــشارع أي

على الجدار الخارجي للبنايات أو الهياكل الموجودة أو أعمدة الإنارة في الشوارع فهي توضع في أماكن مزدحمة مثل المطارات ومحطات القطارات ومراكز التسوق. هي أصغر من الخلايا الكبيرة ، وغالبا ما تثبت الهوائيات بحيث لا تؤثر على الناحية الجمالية للبنايات . هذه الخلايا توفير التغطية عبر مسافات صغيرة تتراوح بين 300 – 1000متر . هذه الخلايا أخذت بالازدياد بسرعة تماشيا مع النمو في الطلب على الهواتف الجوالة. وهذه المحطات تبعث كميات أقل من الطاقة عادة ما يكون عدد قليل من واطات مقارنة مع الخلايا الكبيرة.وكذلك فأن التعرض لعامة السكان من هذه المواقع عادة اقل من حدود المبادئ التوجيهية للتعرض ، شريطة وجود الصندوق المحيط بالهوائي.

الخلايا الصغيرة جدا picocells

الخلايا الصغيرة جدا تبعث كميات أقل من الطاقة مقارنة مع الخلايا الصغيرة (واطات قليلة) ، توضع داخل المباني حيث التغطية قليلة أو التي يوجد فيها عدد كبير من المستخدمين. من المرجح أن عدد هذه الخلايا داخل المباني وسوف يزداد كثيرا. وعلى الرغم من أن انبعاثها لا يتجاوز قيم المبادئ التوجيهية ، ولكن تتطلب قياسات عملية مستمرة ليس فقط من هوائيات الخلايا الصغيرة جدا ولكن من جميع أنواع الخلايا شكل (4 - 4) .

تبعد المحطات الارضيه ألأساسية الكبيرة (Macrocells) بعضها عن العض الأخر 200 - 500 متر في المدن 2 - 5 كم في المناطق الريفية. يتم وضع هوائيات المحطة الأساسية بمكان عال على السطح، على سارية أو برج لتكون قادرة على تغطية منطقة كبيرة. يمكَن وضع أكثر من هوائي واحد على السارية. ولكن في بعض الحالات فان المجتمع المحلي والمخططين قد تفضل عدة هوائيات صغيرة بدلا من واحدة كبيرة.

تقدم كل محطة أساسية الخدمة فقط لعدد محدود من المستخدمين في نفس الوقت . وكلما زاد عدد مستخدمي الهواتف الجوالة، تطلب ذلك المزيد من المحطات

الأساسية .وعندما تكون المسافات بين المحطة الأساسية ومستخدمي الهواتف الجوالة أقصر، تكون الطاقة الصادرة المطلوبة للاتصال أقل.

توجه هوائيات المحطة الأساسية الإشارات اللاسلكية بعيداً عن المبنى أو السارية للحصول على تغطية في منطقة معينة .وتقل كثافة الموجات اللاسلكية بشكل هائل مع زيادة المسافة من هوائي المحطة الأساسية .وتكون مستويات التعرض للموجات اللاسلكية الصادرة من المحطات الأساسية أقل من 1 % من حدود السلامة في الأرض والمنازل وفي الأماكن الأخرى التي يقطنها الأفراد. ولكن قد يحدث تجاوز في بعض الأحيان لحدود التعرض فقط في الأماكن المجاورة بشدة للهوائيات . وتختلف مساحة هذه المنطقة من سنتيمترات قليلة للهوائيات الموجودة بالمباني الصغيرة إلى بعض الأمتار للهوائيات المثبتة في السواري وبالأسطح .ويتم تركيب الهوائيات بهذا الشكل حتى لا يستطيع الأفراد غير المصرح لهم الوصول للمنطقة التي قد تتجاوز فيها حدود التعرض للموجات اللاسلكية. وكلما زاد عدد مستخدمي الهواتف الجوالة، تطلب ذلك المزيد من المحطات الارضيه والتي تكون اصغر ومتقاربة من بعضها . كل محطة أرضية تستطيع أن تتعامل مع 100 مكالمة في نفس الوقت ولخلية واحدة .وعندما تكون المسافات بين المحطة الأساسية ومستخدمي الهواتف الجوالة أقصر، تكون الطاقة الصادرة المطلوبة اقل وتوجه هوائيات المحطة الأساسية الإشارات اللاسلكية بعيدا عن المبنى أو السارية للحصول على تغطية في منطقة معينة .وتقل كثافة الموجات اللاسلكية بشكل هائل مع زيادة معينة وتكون مستويات التعرض للموجات اللاسلكية الصادرة من المحطات الأساسية أقل من % 1 من حدود السلامة في الأرض والمنازل وفي الأماكن الأخرى التي يقطنها الأفراد. ولكن قد يحدث تجاوز لحدود التعرض في بعض الأحيان في الأماكن المجاورة بشدة للهوائيات.

تقوم الهواتف الجوالة باستقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية من وإلى الهواتف الجوالة القريبة من المحطة الأساسية . هذه الموجات اللاسلكية من نفس النوع

المستخدم في بث التلفاز والراديو والاتصالات اللاسلكية منذ سنوات عديدة من قبل الشرطة والنقل الجوي والملاحة وشركات النقل والموصلات.

هوائي المحطات الصغيرة يرتفع عادة بين 10 و 15 مترا فوق سطح الأرض ويصل إلى 50 مترا لهوائي المحطات الكبيرة. الإشارة الرئيسية تتجه نحو الأرض بزاوية ما يقرب من 6 درجات. الشكل (4 – 5) يبين أن المنطقة التي تقع مباشرة تحت ألهوائي تكون أكثر آمنا لأن الإشارة عندها ضعيفة. وبعد فترة فان الحزمة الرئيسية تصل مستوى الأرض وتكون شدتها اكبر.

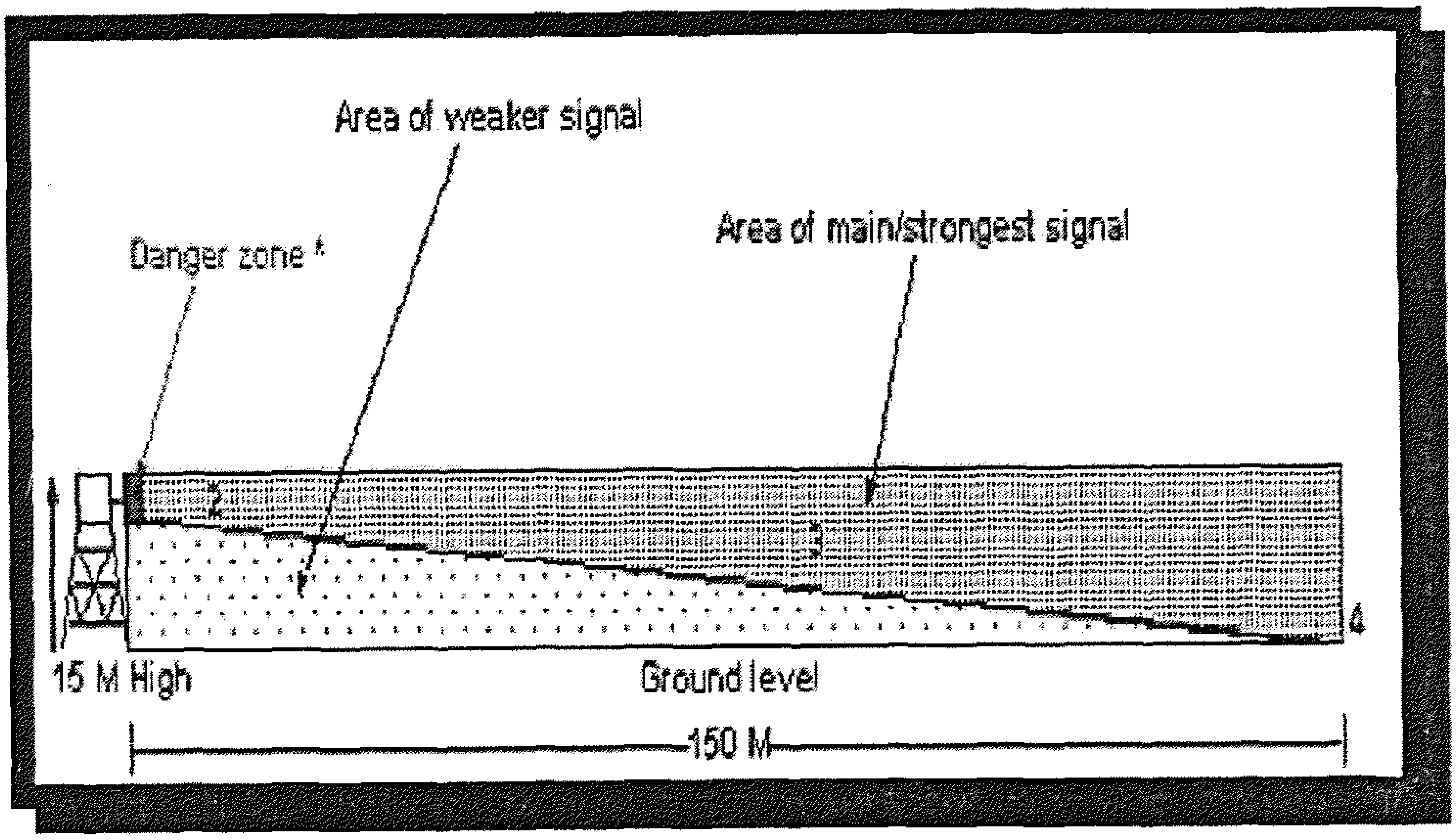
الهواتف الجوالة عبارة عن راديو متطور يقوم بالاستقبال والإرسال للصوت والمعلومات وهو الوسيلة المستخدمة لربط المستخدم مع الشبكة. المنظومة تضمن للهواتف الحرارية الحفاظ على الاتصال مع الشبكة حتى في حالة التنقل من خلية إلى أخرى. الاتصال بين الهواتف الجوالة والمحطات الارضيه تتم عن طريق تبادل إلا شارات الراديوية . مستوى هذه الإشارات يختار بعناية لتقوم الشبكة بأداء مرض.

القوانين الوطنية والدولية تمنع أي تدخل مع الإشارات الراديوية الأخرى مثل ، خدمات الطوارئ ، وسيارات الأجرة وكذلك الإذاعة والتلفاز.

عند تشغيل الهاتف الجوال ، فإنه يستجيب لإشارات المحطة الارضيه القريبة. عندما يجد أقرب محطة في الشبكة ، يبدأ الاتصال. ثم يبقى الهاتف خامدا لفترة ، حتى يرغب المستخدم في إجراء مكالمة أو الجواب على مكالمة.

الهواتف الجوالة تستخدم السيطرة التلقائية على الطاقة كوسيلة للتقليل من الطاقة المرسلة إلى أدنى حد ممكن مع الحفاظ على النوعية الجيدة للاتصال. فمثلا عند استخدام الهاتف فان متوسط القدرة الخارجة يمكن أن تتفاوت بين الحد الأدنى 0.001 واط حتى الحد الأقصى والذي يقل عن 1 واط. هذه الميزة تم تصميمها لإطالة عمر البطارية.

الشكل (4 – 5) توزيع الإشارة من الهوائي



عند استخدام الهاتف الجوال ، يتم تحويل الموجات الصوتية إلى إشارة إلكترونية يتم إرسالها كموجات راديوية عبر مواقع المرسلات. وهذا مماثل لتكنولوجيا بث الإشارات التلفازية.

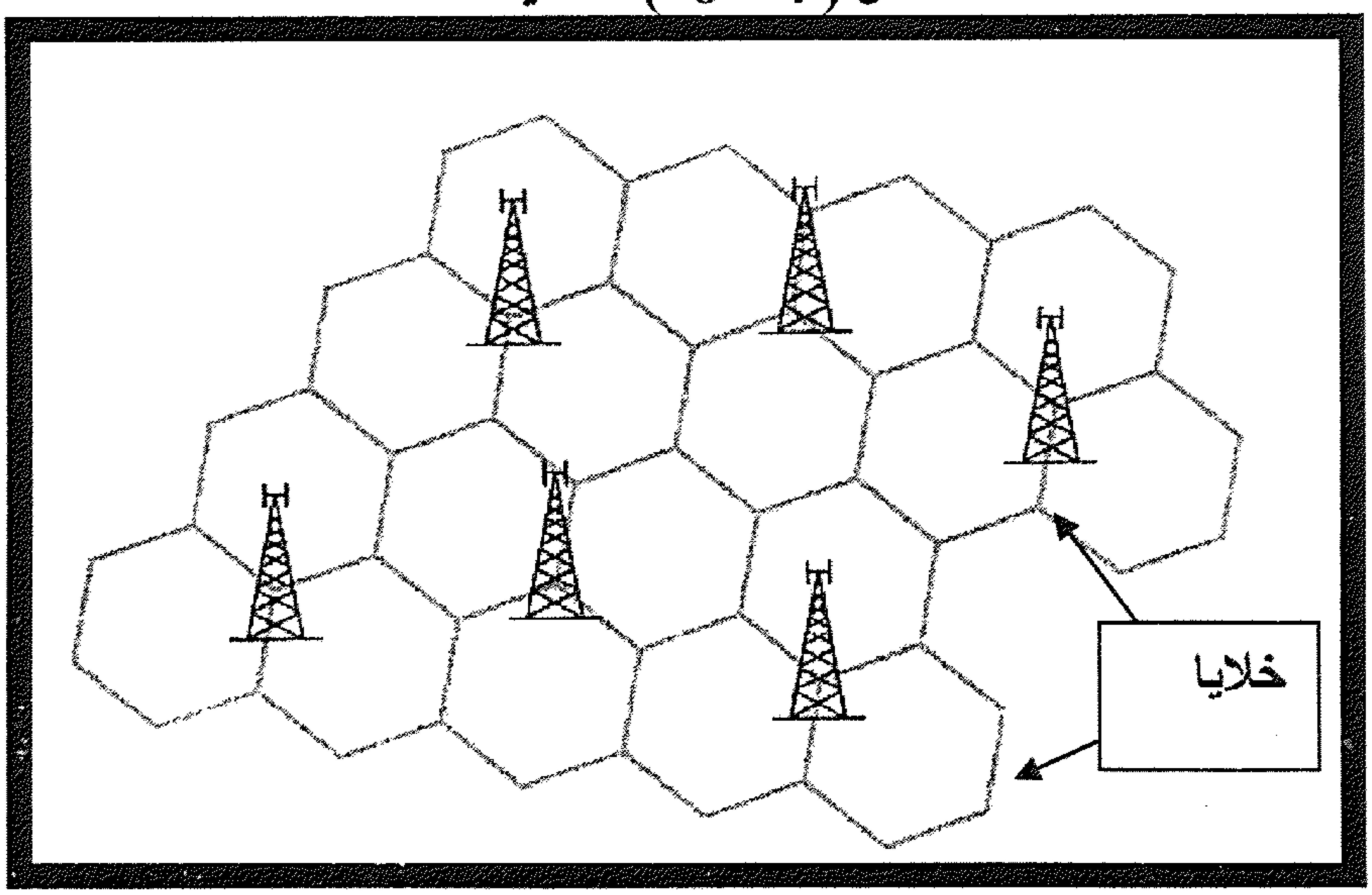
والفارق الهام هو أن شركات الهاتف الجوال ، تستخدم شبكة من المواقع لغرض إرسال واستقبال الإشارات ، مما يسمح لحاملي الهواتف الجوالة للتحدث مع بعضهم البعض ،أو مع الشبكات الأخرى. فان كل موقع من مواقع الإرسال يعمل لإرسال إلا شارة اللاسلكية من مكان مرتفع لتغطية منطقة معينة. و كل موقع يرتبط إلى آلاخر ، وتنتقل إلا شارة الاسلكية عبر البلد من خلال الخلايا المتداخلة للشبكة تلقائيا و بحرية .

في نظام الهاتف الجوال فإن البلد يقسم إلى مناطق جغرافية تسمى الخلايا وفي كل خلية توجد محطة أرضية (base station) الشكل (4 – 6) ويكون الهاتف الجوال وسيلة الاتصال مع الشبكة وبهذه الطريقة يمكن إعادة استخدام نفس التردد في البلد وبالتالي فأنة يمكن استخدام الملايين من الهاتف الجوال في نفس الوقت.

وتأخذ الخلايا شكل سداسي الأضلاع. ولان الهاتف الجوال له مدى محدود فأنة لا يمكن إجراء مكالمة إلا إذا كانت هناك محطة أرضية ضمن مداه. وهذا هو السبب الذي يدعو إلى وجود عدد من الخلايا المثبتة على مسافات منتظمة كما في مصابيح الشوارع. القدرة الخارجة العظمى للمحطات الارضيه تعتمد على المساحة الجغرافية التي تخدمها ، وعدد المستخدمين الذي تكون قادرة على التعامل معهم.

المحطات الارضيه خارج المباني (في الهواء الطلق) ذات الهوائيات التي توضع على أسطح المباني والتي يكون الحد الأقصى للقدرة الخارجة منها يتراوح بين 5 و 40 واط.إما الحد الأقصى للقدرة الخارجة للهوائيات الصغيرة المثبتة في الأماكن المغلقة مثل مراكز التسوق والمكاتب ، ففي كثير من الأحيان أقل من واحد واط ، أي مقاربة للقدرة الخارجة من الهاتف الجوال. بعض الهوائيات تركب على أبراج مرتفعة فقد تصل مستويات القدرة الخارجة منها 100 واط. وخلال عملية الاتصالات الفعلية فان القدرة الخارجة تختلف مع عدد المكالمات الهاتفية. هوائيات المحطة الارضيه تبث باستمرار إشارات راديوية تساعد الهواتف الجوالة للتعرف على ولوصول للشبكة.

الشكل (4 – 6) الخلايا



القدرة الخارجة من المحطات الارضيه للهاتف الجوال تكون قليلة جدا بالمقارنة مع غيرها من أجهزة البث الإذاعي والتلفازي جدول (4 – 1) .

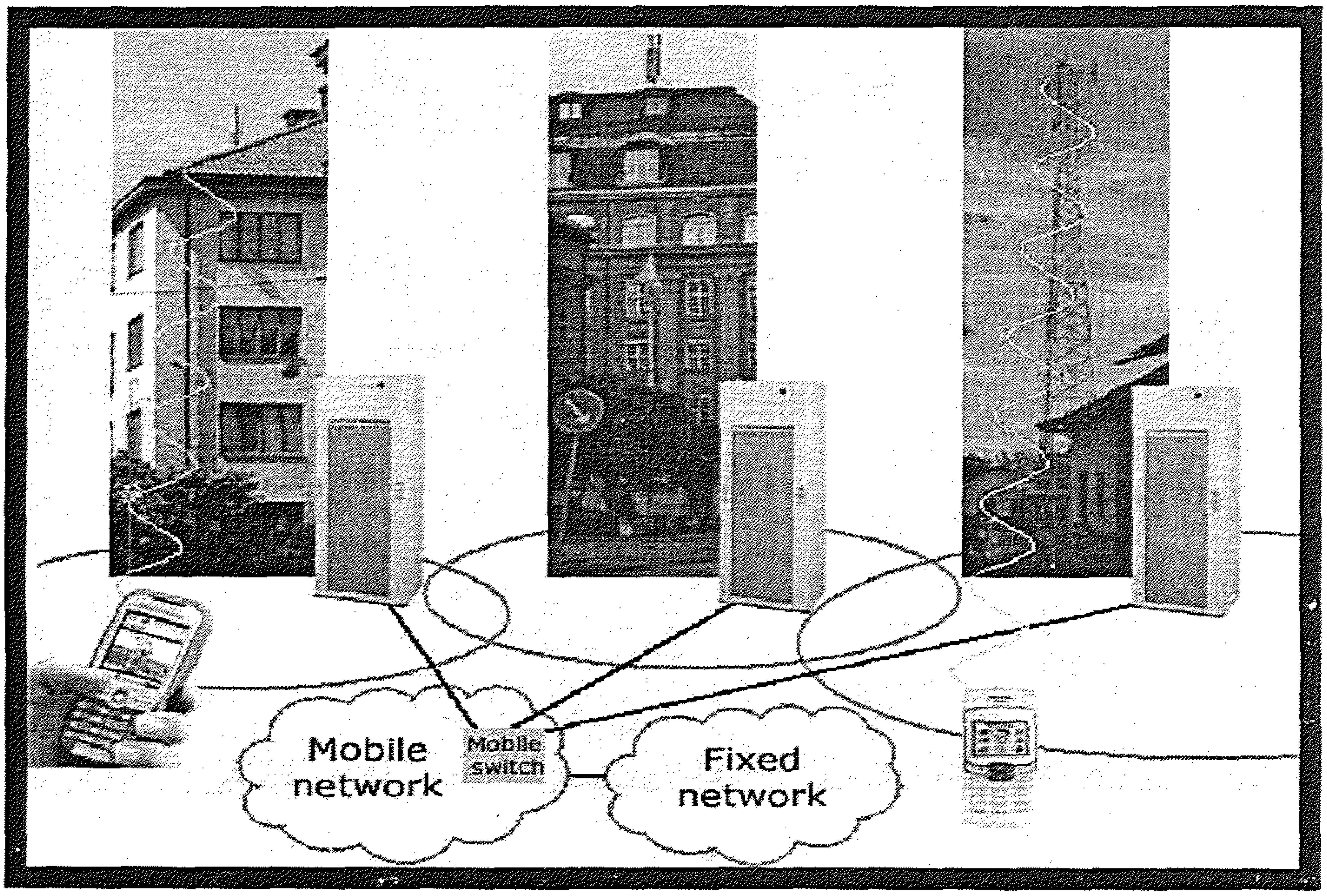
جدول (4 – 1) قدرة البث للمحطات الارضيه

محطات البث الارضيه	القدرة الخارجة بالواط
البث ألتلفازي (UHF)	40000 W
البث الإذاعي والتلفاز (VHF)	2000 W
المحطات الارضيه خارج المدن	40 W
المحطات الارضيه داخل المدن	10 W
المحطات الارضيه داخل المباني (الأماكن المغلقة)	0.5 W

تحتوي كل محطة أرضية على هوائي يرسل ويستقبل إشارات راديوية . عندما يتم الاتصال فان الهاتف الجوال يرسل إشارات راديوية إلى اقرب هوائي محطة أرضية، الذي بدوره ، يرتبط بالتحويل للجوال بواسطة مفتاح الهاتف mobile switch . الذي يصل المكالمة لشبكة الهاتف الثابت fixed network إذا كانت المكالمة لشخص يستخدم الهاتف السلكي العادي الثابت الشكل (4 – 7 أ و ب) . وإذا كانت المكالمة لشخص آخر مستخدم للهاتف الجوال فأنة يتصل بمحطة أرضية قريبة حيث يقوم هوائي المحطة بإرسال إشارات راديوية إلى مستخدم آخر للهاتف الجوال أي أن المحطة الارضيه ترسل وتستقبل الإشارات راديوية. عندما تنتقل من خلية إلى أخرى كما في حالة المكالمة من سيارة تسير على طول الطريق السريع ،حيث أن الاتصال بمحطة أرضية جديدة يتم تلقائيا . لا يمكن إجراء المكالمات عبر الهاتف الجوال إلا إذا توفرت محطات تقوية في نطاق المنطقة التي يتم استخدام الهاتف الجوال فيها وذلك هو سبب وجود محطات تقوية في بعض

المناطق السكنية طبقاً المخطط محدد يرسمه مهندسو شبكة الاتصالات الجوالة. كل محطة تقوية من هذه المحطات تقوم بخدمة منطقة جغرافية محددة تسمى بالخلية ، وعندما التحرك من خلية إلى أخرى خلال السفر عبر الطريق السريع مثلا ، فــإن محطة التقوية التي تقوم بتغطية الخلية الجديدة تعمــل علــى التقــاط الإشــارات اللاسلكية الصادرة من المكالمة أوتوماتيكيا .

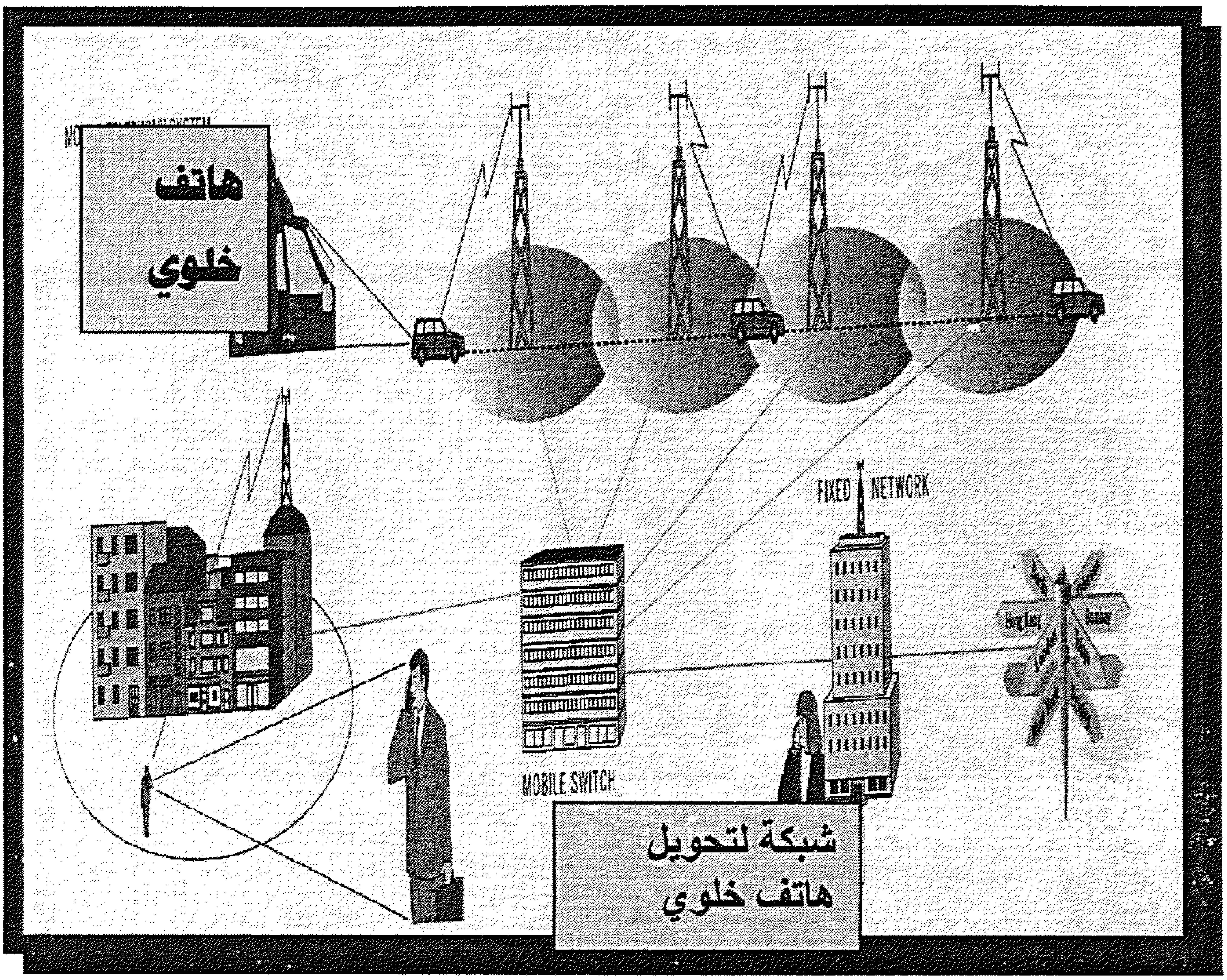
الشكل (4 – 7) الاتصال عبر شبكة الهاتف الجوال
أ



كلما ازداد عدد المستخدمين للهواتف الجوالة ، تزداد الحاجة لمحطات تقوية أكثــر من أجل إجراء مكالمات هاتفية بطريقة أفضل ، وخاصة أن كل محطة تقويــة لا تستطيع إرسال واستقبال أكثر من مائة مكالمة في ذات الوقت . ومن أجل السيطرة على الضغط المتزايد على الشبكة ،فقد تم وضع محطات التقوية في أماكن قريبــة من مستخدمي الهاتف الجوال ، مثل واجهــات البنايــات ، ومراكــز التــسويق ،

ومجمعات المكاتب ، وكلما كانت محطات التقوية أقرب من مستخدمي الهاتف الجوال كلما قلت الطاقة اللازمة للهاتف الجوال ومحطة التقوية من أجل توفير الاتصال .

ب



هناك فكرة خاطئة مفادها أن التعرض للموجات الكهرومغناطيسية تحت الهوائيات مباشرة كبيرا وهذا يفسر بعض القلق بشأن تأثير محطة الإرسال والهوائيات القريبة من المدارس أو المباني السكنية. تنخفض شدة الموجات الراديوية لهذه المعدات بسرعة عند التحرك بعيدا عن الهوائي. في الفضاء الحر ،عندما تنخفض الشدة إلى الربع عندما تتضاعف المسافة. في الواقع ، تقل الشدة بسرعة أكبر بكثير من ذلك

بسبب فقدان شدة الإشارة نتيجة للتوهين الذي يحصل نتيجة لمرورها عبر العوائق مثل الأشجار والمباني.

بعض الناس يطالبون بوضع المحطات الارضيه والهوائي في المناطق الصناعية أو المناطق البعيدة عن السكن ولكن ذلك غير عملي للأسباب التالية :

أولا: إذا وضعت هذه المعدات في أماكن بعيدة كثيرا من المستخدمين فان ذلك لا يعطي نوعية سيئة للاتصال حسب وإنما يزيد من القدرة المستهلكة للهاتف ، مما يقلل من عمر البطارية وزمن الحديث.

ثانيا : هناك محددات عملية على المنطقة الجغرافية للمحطة بحيث إنها تعمل بفعالية ، وخاصة إذا تواجد فيها أعداد كبيرة من المستخدمين. في هذه الحالة ، فإن المحطات الارضيه لا بد أن تكون قريبة من بعضها لتوفير المزيد من القدرات وليس للتغطية ، ونتيجة لقربها من بعضها البعض ، فان كل محطة سوف تعمل على مستويات منخفضه للغاية من القدرة لتجنب التدخل مع المحطات ألقريبة. لذلك تصميم الشبكة على نحو مناسب يؤدي للتغطية المثلى وبأقل قدرة مستهلكة ، لتوفير اتصالات جيدة.

المحطات الارضيه ترسل أو تبث الطاقة بقدرة تتراوح بين بضع واطات إلى 100واط أو أكثر ، تبعا لحجم المنطقة أو "الخلية" التي صممت لهذه الخدمة.هوائي المحطة الارضيه عادة ما يتراوح عرضه بين 20 – 30 سم وطولها متر واحد ، وتركب على المباني أو الأبراج على ارتفاع من 15 إلى 50 مترا فوق سطح الأرض. هذه الهوائيات تنبعث منها الترددات الراديوية التي عادة ما تكون ضيقة جدا في الاتجاه الرأسي ولكنها عريضة جدا في الاتجاه الأفقي. بسبب ضيق انتشارها الرأسي ، فان شدة الترددات الراديوية على سطح الأرض أسفل الهوائي مباشرة يكون قليل. شدة مجال الترددات اللاسلكية تزداد زيادة قليلة عند التحرك بعيدا عن المحطة ثم تنخفض كلما ابتعدنا عن الهوائي.

بصورة عامة عندما يكون الناس على بعد 2- 5 متر من الهوائي المثبت على سطح المنازل أو عند السياج الذي يحيط بالهوائي فان مجال الترددات الراديوية لا تتجاوز حدود التعرض الموضوعة . ولان الهوائي يبعث طاقته نحو الإمام مباشرة لذلك تكون الطاقة الصادرة من الخلف أو أعلى أو أسفل الهوائي قليلة ، ومستويات الطاقة اللاسلكية في داخل أو على جانبي المبنى منخفضه جدا.

قاعدة محطة الإرسال والاستقبال(BTS) لمحطة الإرسال الارضيه أو الهوائيات تحتوي على معدات للإرسال واستقبال الإشارات الراديوية ، الهوائيات ، والمعدات لتشفير و فك شفرة الاتصالات مع منظومة تحكم المحطة الارضيه (BSC) .

كذلك يمتلك الهاتف الجوال شفرات تستخدم لتعريف جهاز الهاتف ، وحاملة بالشركة التابع لها .عند فتح الهاتف و تشغيله يكون جاهزاً للاستخدام فيستقبل إشارات تسمى بشفرة نظام التعريف SID (System Identification Code) وهو عبارة عن رقم من 5 أجزاء (بايت)مخصص لكل محطة إرسال من قبل مؤسسة الاتصالات الدولية FCC . كذلك توجد أرقام تعريفية مثل رقم تعريف الجوال (MIN) وهو عبارة عن رقم من 10 أجزاء (بايت) يشتق من رقم الجوال، والرقم التسلسلي الالكتروني (ESN) وهو عبارة عن رقم من 32 جزء (بايت) مبرمج عند تصنيع الجوال. عندما يقوم الهاتف بإجراء مكالمة فأنة يبث الرقمين التعريفيين ESN وMIN إلى الشبكة في بداية المكالمة. هذه الأرقام التعريفية علامة فريدة من نوعها للهاتف و هي الطريقة التي تعرف بها شركة الهاتف من يدفع أجرة المكالمة. يمكن باستخدام ماسح خاص سرقة هذه الأرقام والاستماع للمكالمة وكذلك يكون من السهل تعديل هاتف آخر بحيث يتضمن زوج الأرقام الخاصة بالهاتف والتي تسمح لبعض ما يسمى سارقي المكالمات الهاتفية لإجراء مكالمات على حسابك.

يتم التعرف بين جهاز الهاتف و محطة الإرسال باستخدام قناة تحكم ذات تردد محدد ليتمكن الهاتف من التقاط إشارة الخدمة من محطة الإرسال في الخلية القريبة

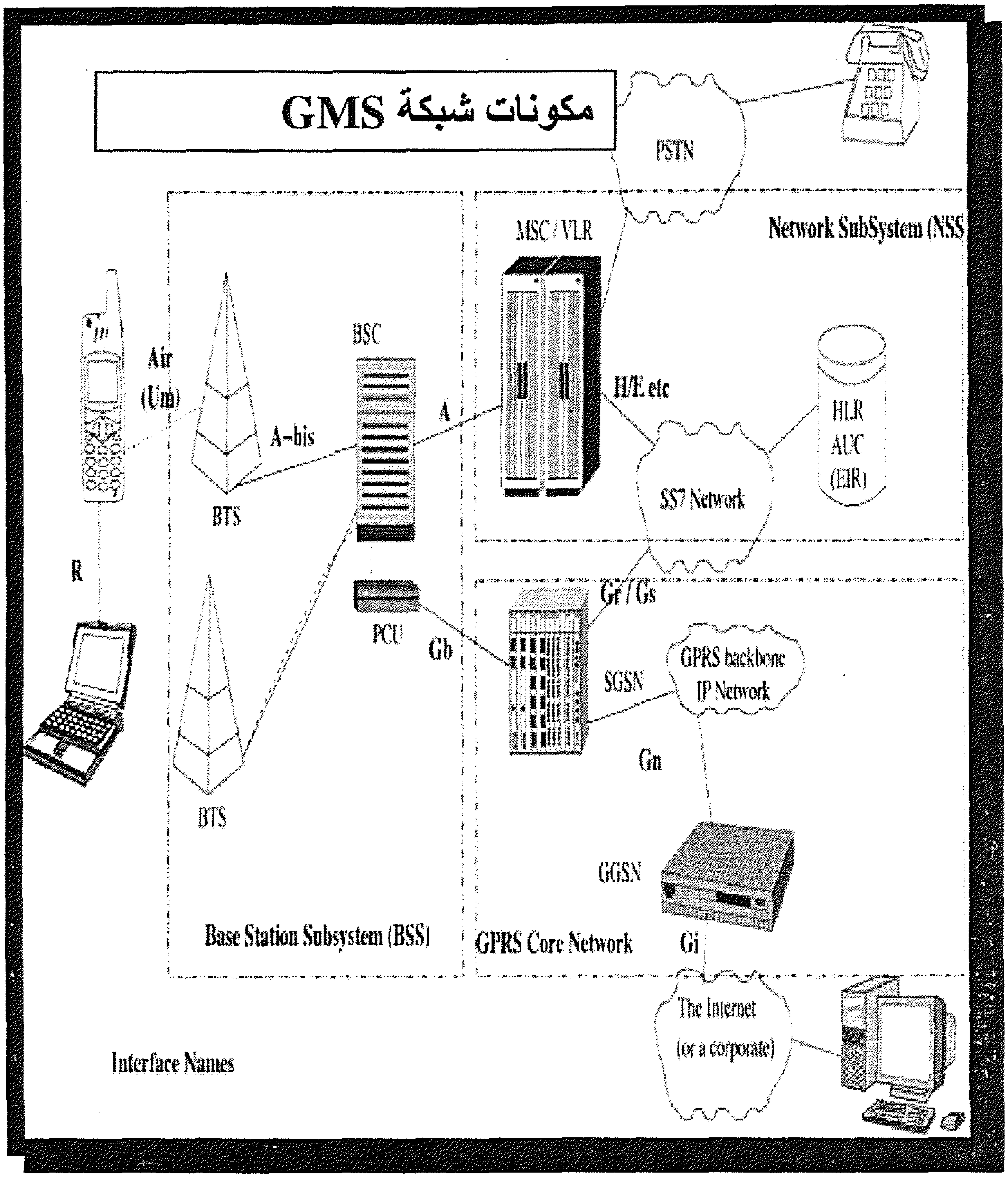
منه و تحديد محطة الإرسال التي في منطقة تواجده. و إذا لم يجد الجـــوال قنـــاة التحكم فأنة يكون إشارة خارج منطقة التغطية. بعد استقبال نظام التعريـــف يقـــوم الهاتف بمقارنة شفرة نظام التعريف الخاصة التي استقبلها و مقارنتها بتلك المخزنة بالجهاز. فإذا ما تمت المقارنة و تبين أنها نفس الشفرة المتعارف عليها بين الهاتف و المحطة فإن يتعرف على الخلية التي سيتعامل معها.

منظومة تحكم المحطة الارضيه (BSC) لها العديد من معدات الإرسال (TRXs) التي تتيح لها أن تخدم عدة قطاعات من الخلايا بترددات مختلفة. الهوائيات في قاعدة محطة الإرسال والاستقبال (BTS) يتم السيطرة على إرسالها عن طريق منظومة تحكم المحطة (BSC).هذه المنظومة توفر الربط إلى شبكة منظومة إدارة عمليات التشغيل والصيانة . عمل الهوائي يعتمد على التكنولوجيا الجوالة المستخدمة ، والهاتف الجوال المستخدم، تسهيل الإرسال و تلقى المعلومات من محطة الجوال (MS) من خلال الاتصال الهوائي(Um) . تقوم موائمات (A-bis interface) خاصة بإرسال المكالمات نحو منظومة تحكم المحطة الارضيه (BSC) بعدها يقوم ألهاتف بالاتصال بمحطة مركزية لتحويلات ألهاتف الجوال (Mobile Telephone Switching Office–MTSO)) تعمل هذه المحطة على تعقب مكان تواجد الجوال وتخزن بيانات الموقع في قاعدة بيانات لاستخدامها في لحظة الاتصال وذلك لأنها تراقب دوما مكان الجوال والخلية التي تغطي الخدمة لتلك المنطقة المتواجد فيها الجوال الشكل (4 – 8).

كذلك تعمل هذه المحطة على التحكم في المحطات المنتشرة في المدينة (الخلايـــا) وتعمل أيضا على ربط كل الاتصالات من الهواتف الجوالة مع الهواتف الارضيه التي تعمل بنظام الاتصال التقليدي. وتحتوي هذه المحطة كذلك على حاسب يتحكم في نظام الاتصال و يعطي الأمر للانتقال إلى خلية أخرى عندما تضعف الإشارة ,كما ويربط كل محطات التقوية الموجودة في كل الخلايا التابعة للمحطة المركزية و من مهامه أيضاً قياس قوة الإشارة التي تصل للهاتف وتعقب مكان تواجد الهاتف

و تخزن بيانات الموقع في قاعدة بيانات وكذلك حساب مبلـــغ المكالمـــة. قـــدرة مرسلات المحطات الارضيه تتراوح بين عدة واطات إلـــى 100 واط أو أكثـــر ويعتمد ذلك على حجم المنطقة أو الخلية التي صممت لهـــذه الخدمـــة. هوائيـــات المحطات الارضيه عرضها حوالي 20- 30 سم ، وطولها متر واحد ، وتركـــب على المباني أو الأبراج على ارتفاع من 15- 50 مترا فوق سطح الأرض. هـــذه الهوائيات تنبعث منها الترددات الراديوية التي عادة ما تكون ضيقة جدا في الاتجاه الرأسي وواسعة جدا في الاتجاه الأفقي. بسبب ضيق الانتشار الرأسي للحزم فـــان شدة المجال لترددات على الأرض تحت الهوائي مباشرة تكون منخفضه . ولكـــن شدة مجال الترددات اللاسلكية تزداد زيادة طفيفة كلما ابتعدنا عـــن المحطـــة ثـــم تنخفض أكثر في المسافات البعيدة عن الهوائي. بعض الهوائيات المثبتة على أسطح المنازل يجب إحاطتها بسور عرضة 2 -5 متر لكي يبقى الناس بعيدا عن مجالات التردد الراديوية التي تتجاوز حدود التعرض. ولان الهوائيات توجه قدرتها نحـــو الإمام (الخارج) فإنها لا تشع من الخلف أو أعلى أو أسفل الهوائي ، ومـــستويات الطاقة اللاسلكية في الداخل أو على جانبي المبنى عادة ما تكون منخفضه جدا.

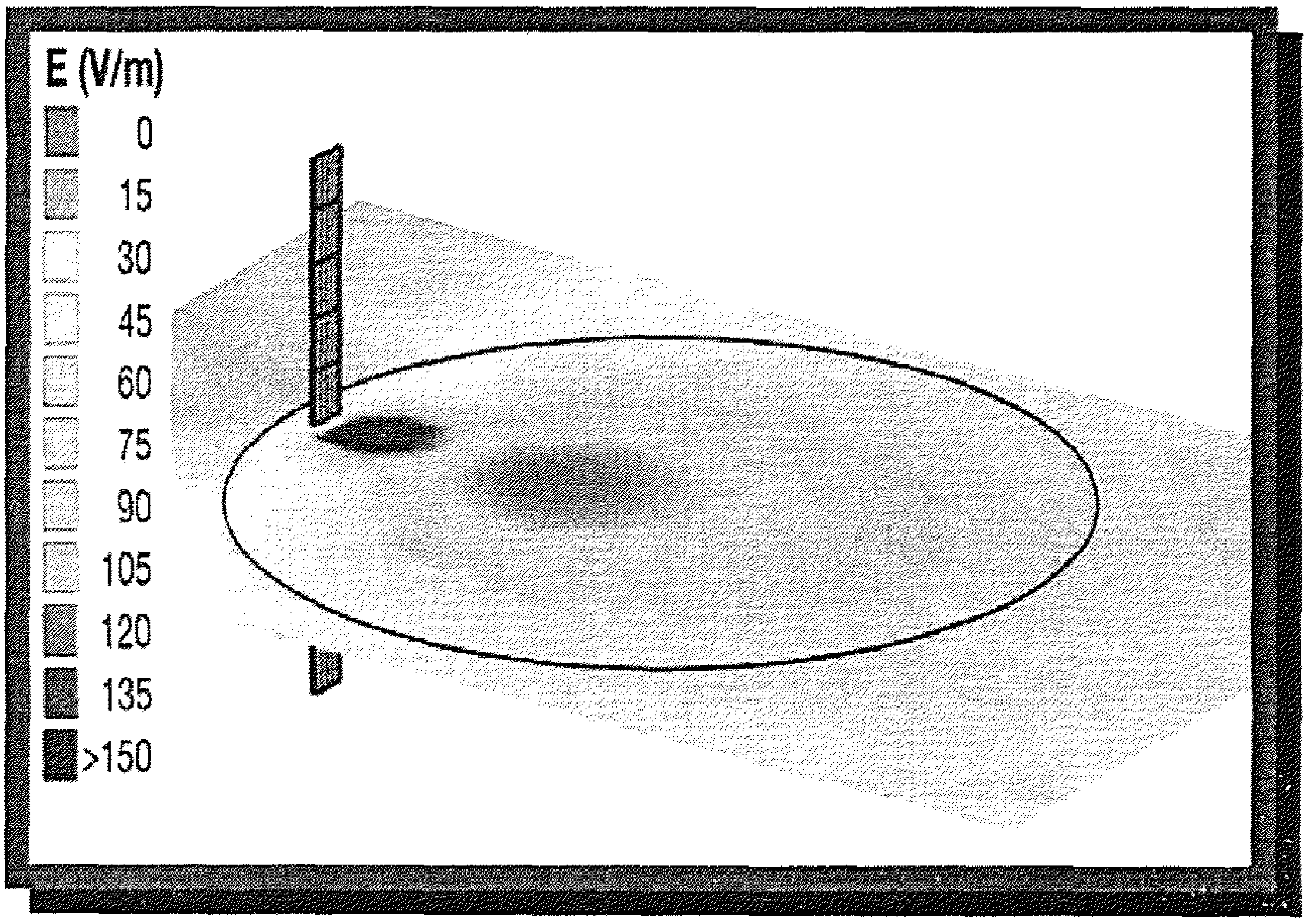
الشكل (4 – 8) محطة الإرسال الارضيه



المستويات المرجعية لعامة الناس لمحطة هوائي نـــوع 3G/WCDMA ربـــح الهوائي له يتراوح بين (14.5 - 18 ديسي بيل) (ربح الهـــوائيantenna gain هو النسبة بين القدرة المطلوبة لهوائي مرجعي إلى القدرة الداخلة إلـــى الهـــوائي الفعلي في اتجاه معين حتى يعطي الهوائيان نفس كثافة القدرة عند نفس المـــسافة

ويقاس بالديسي ببل dBi لهوائي نصف موجي و ثنائي القطب) وارتفاع الهوائي (60 - 130 سم) مستويات القدرة الخارجة المنبعثة تصل إلى 25 واط . تتكـــون حول كل هوائي منطقة لتوزيع شدة المجال تسمى حدود الامتثال وتكون على شكل اسطوانة قطرها 3 أمتار ويقابل ارتفاع الهوائي مضافا له 20 سم (10 سم اعلـــي الهوائي و 10 سم أسفلة). الشكل (4 – 9)

الشكل (4 – 9) حساب توزيع شدة المجال الكهربائي قرب المحطة الارضيه للهوائي (قدرتها الخارجة 20 watt . الدائرة قطرها 3 متر)

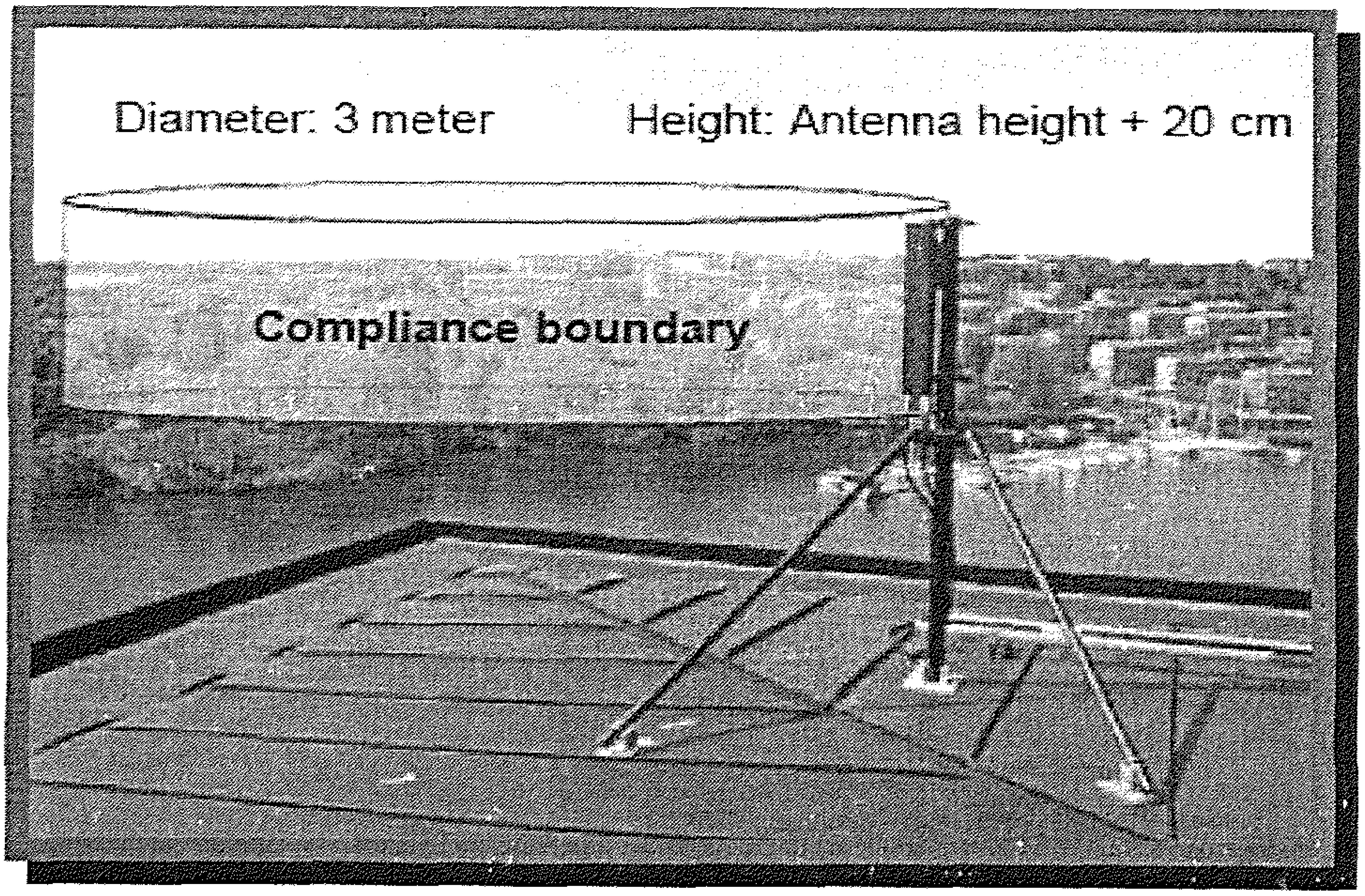


تبدأ الاسطوانة 10 سم وراء ظهر الهوائي. باستخدام المحددات الأساسية للمقـــدار SAR لعموم الجسم والتعرض المحلي ، فقد تبين من خلال الحـــسابات العدديـــة باستخدام موديل عموم الجسم البشري بان قطر حدود الامتثال أقل من 1 م لـــنفس النوع من المحطة الارضيه وعند تطبيق حدود التعرض المهني حسب توصـــيات ICNIRP فان حدود الامتثال ينخفض إلى نحو عشر المتر الشكل(4 – 10)

الادلة الارشادية للتعرض حسب توصيات ICNIRP تتحدد بمعدل زمـــن ســـت دقائق بسبب الاتجاهيه العالية لبث هوائيات المحطة ، مما يعني أن طاقة الحزمة الرئيسية المرسلة تتركز أمام الهوائي ، وفي احـــد التجـــارب لـــشخص يمـــشي

قرب المحطة بسرعة طبيعية إمام الهوائي بلغ معدل زمن التعرض أقل بكثير من حدود التعرض. وينبغي أن تتاح للعاملين الذين يرومون أصلاح المباني التي على سطحها المحطة والهوائيات معلومات ذات صلة عن التعرض لمجال الموجات االكهرومغناطيسية EMF من المحطة والهوائيات ، والاحتياطات التي يتعين القيام بها قبل وأثناء تنفيذ المهام على سطح المباني ، وتعليمات العمل ، والمحددات المفروضة على الدخول وأي تحذيرات أخرى، كثير من عاملي الشبكة التقنين يقومون بتقديم هذه المعلومات لأصحاب العقارات أو أصحاب المباني التي يتم تركيب الهوائيات فيها . قد تكون هناك حاجة لتوحيد هذا النوع من المعلومات إلى العمال.وبالإضافة إلى ذلك ، يمكن أيضا أن تكون هناك حاجة ، لتحذير العمال اللذين يرتدون منظم لضربات القلب ، والمعالجات الدقيقة microprocessor التي تسيطر على جرعة الدواء والأجهزة والمعدنية ألاصطناعية ، الخ.

الشكل(4– 10) مثال للحدود الامتثال للمستويات المرجعية للجمهور حسب توصيات ICNIRP

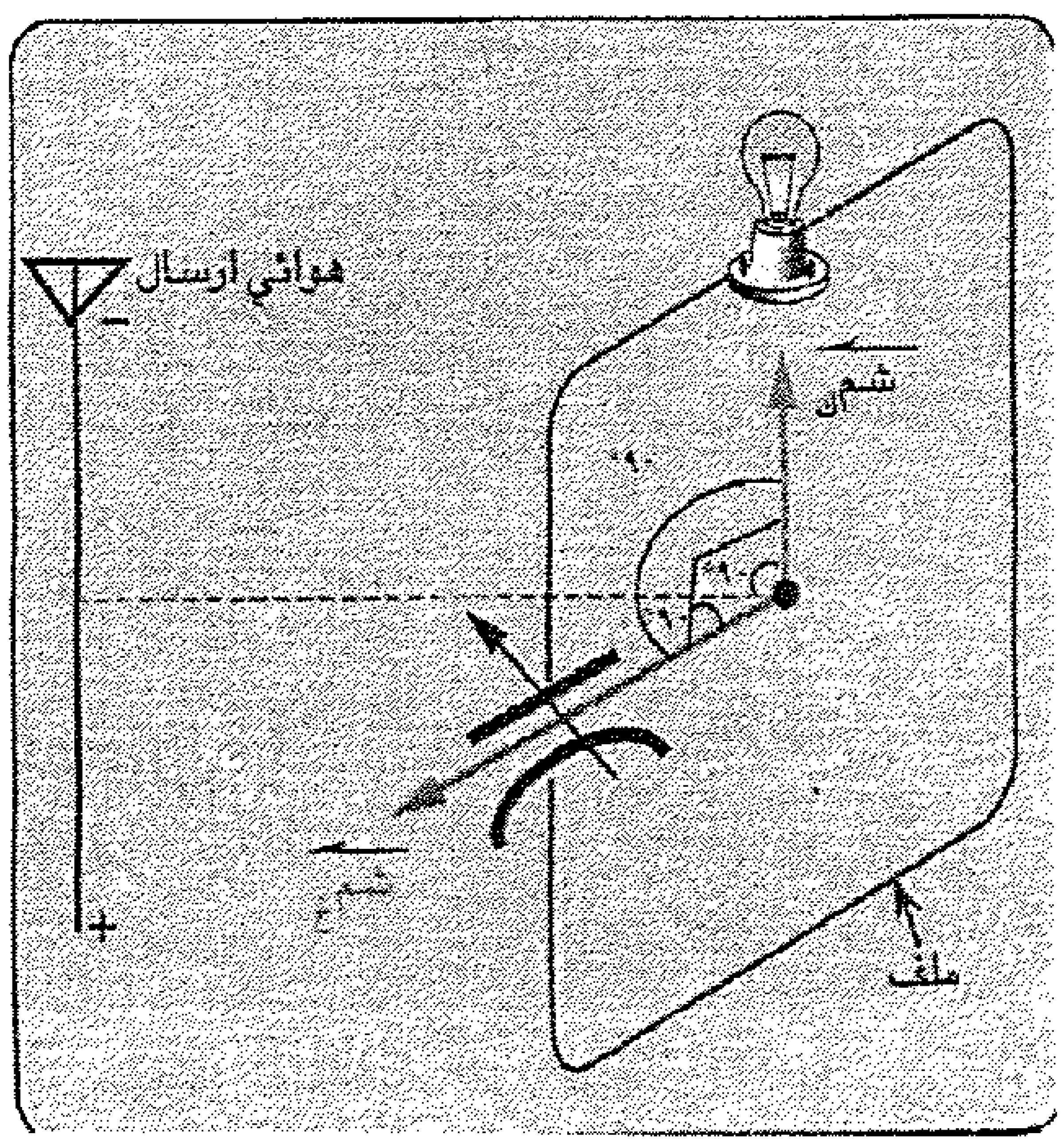


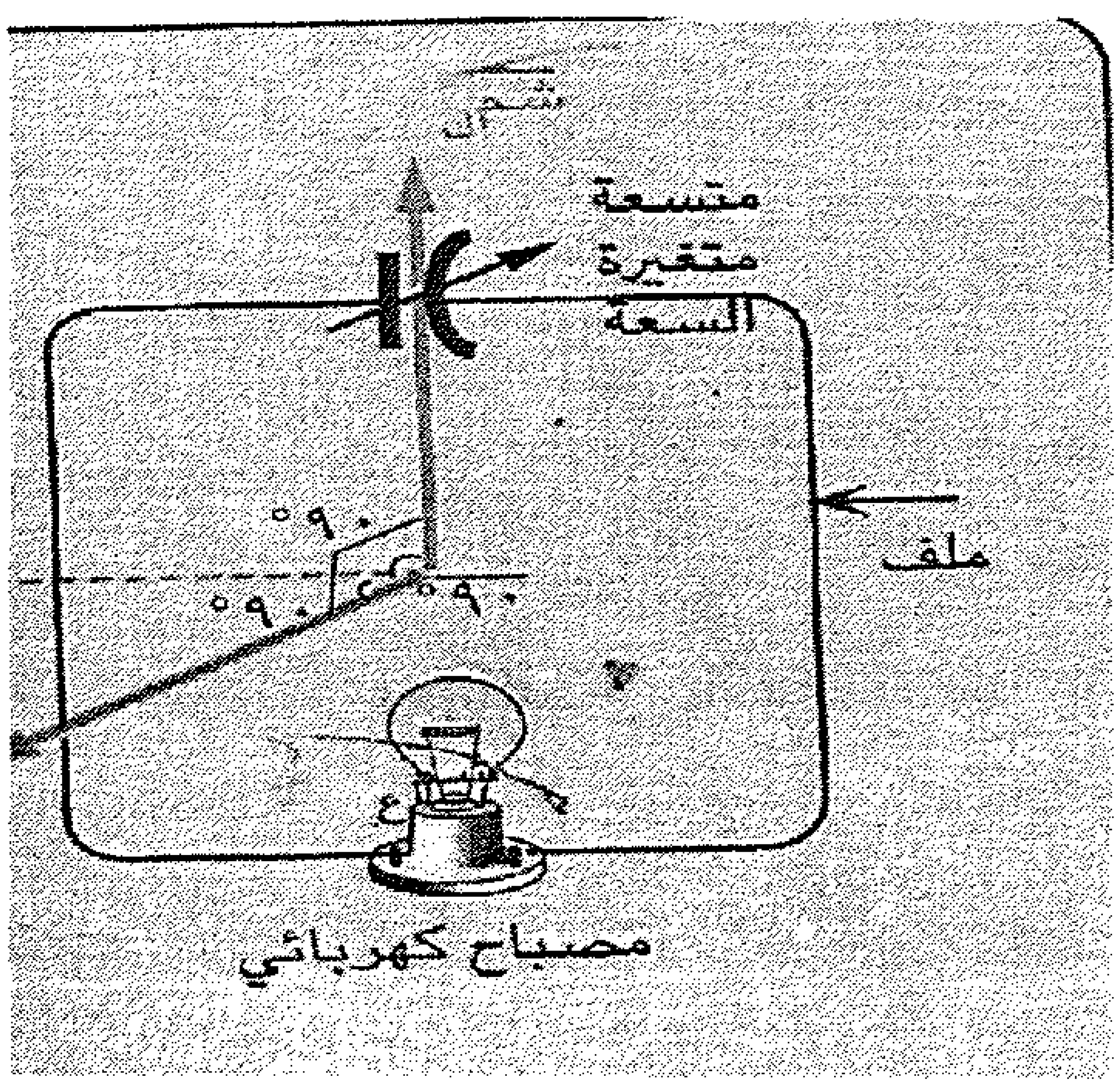
4 – 5 الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية

جميع أنواع البث للموجات الكهرومغناطيسية (الإذاعية و التلفازيـــة ، الهـــاتف الجوال) ذات التردد الراديوي يمكن الكشف عنها على نفس الأساس ويــتم ذلــك بواسطة دائرة رنينيه تتألف من ملف متسعة وان مستوى الدائرة الرنينية يحدد أي نوع من المجالين الكهربائي والمغناطيسي هو الذي يتم بواســطته الكــشف عــن الموجة االكهرومغناطيسية ، والكشف نوعين موضـــحين فـــي الـــشكل(4– 11) والجدول (4– 2).ولبث الموجات الصوتية نحول الموجات الصوتية الميكانيكية إلى إشارة كهربائية تسمى الإشارة السمعية وهذه الإشارة ترددها قليـــل (20– 20000 هرتز) لذلك لا يمكنها الانتقال إلى مسافات بعيدة ولغرض نقلهـــا نـــستخدم عـــدة هوائيات طويلة يلاءم كل منها تردد صوت معـــين ومـــستقبلي هـــذه الموجـــات سيستلمون الترددات من المحطات المجاورة مرة واحدة وبذلك تكون أجهزة التسلم ضوضائية. لذلك يفضل ان تحمل الموجات السمعية على موجات راديوية حاملـــة عالية التردد وفق عملية تسمى التضمين. أنواع التضمين:

الشكل ((4– 11)) الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية

ا – بواسطة المجال المغناطيسي　　　　**ب – بواسطة المجال المغناطيسي**





1- التضمين الرقمي: وهو خاص بالاتصالات الرقمية الحديثة وشبكة الانترنيــت.

2 - التضمين التماثلي: وهو عبارة عن تغير لأحد خواص موجة التيــار عــالي التردد (السعة، التردد، الطور) ويقسم إلى:

أ-التضمين السعوي: تغير سعة الموجة الراديوية الحاملة بتــأثير ســعة الموجــة الحرارية (السمعية) فنحصل على موجة راديوية حاملــة ثابتــة التــردد متغيــرة السعة.من مشاكل هذا التضمين: التداخلات للموجات االكهرومغناطيسية الراديوية الناشئ عن الزوابع الرعدية أو المكائن الكهربائية والتي تؤثر على سعة الموجــة بشكل ضوضاء.

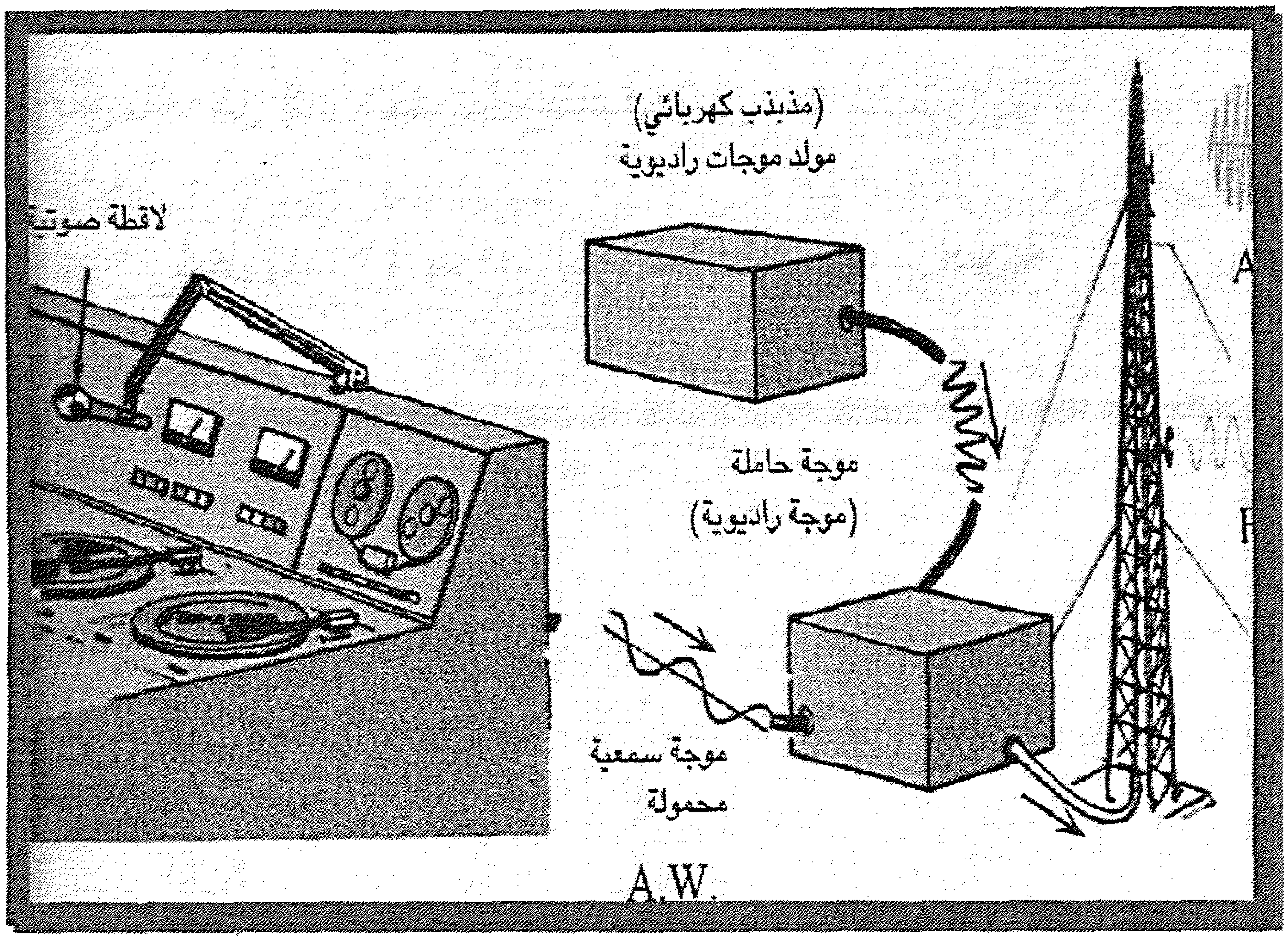
ب- التضمين الترددي: يتغير تردد الموجة الراديوية الحاملة بتأثير تردد الموجــة السمعية فنحصل على موجة راديوية حاملة ثابتة السعة متغيرة التردد.

جدول (4 - 2) الكشف عن الموجات االكهرومغناطيسية ذات التردد الراديوية

ت	الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بواسطة المجال المغناطيسي	الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بواسطة المجال الكهربائي
1	نستخدم هوائي اطاري الشكل دائرته تتكون من متسعة متغيرة وملف ومصباح على التوالي.	نستخدم هوائي مستقيم دائرته تتكون من متسعة متغيرة وملف ومصباح على التوالي.
2	نجعل هوائي التسلم عمودي على المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي موازيا للوحي المتسعة.	نجعل هوائي التسلم (الملف) عمودي على المجال الكهربائي وموازيا للمجال المغناطيسي.
3	يحث المجال المغناطيسي المتغير ق.د.ك.محتثة (فرق جهد كهربائي) بينما لا يحث المجال الكهربائي لأنه موازي للوحي المتسعة.	يولد المجال الكهربائي تيار الازاحة والذي يولد فرق جهد بين لوحي المتسعة.
4	تولف الدائرة بتغير سعة المتسعة حتى يتوهج المصباح.	تولف الدائرة بتغير سعة المتسعة حتى يتوهج المصباح.

بث الموجات الراديوية: تتكون شبكة بث الموجات الراديوية من لاقطة صوتية (تحتوي بلورة محولة للطاقة) تحول الموجات الصوتية الميكانيكية الى موجات سمعية بشكل اشارة كهربائية نبض التردد وبعد تضخيم الإشارة الكهربائية تحمل على موجات راديوية يولدها المذبذب وتحمل باستخدام المضمن بعدها تضخم الموجة الراديوية المضمنة وتبث بواسطة الهوائي. الشكل(4- 12)

الشكل(4– 12)عملية تضمين وبث الموجات الراديوية



استلام الموجات الراديوية

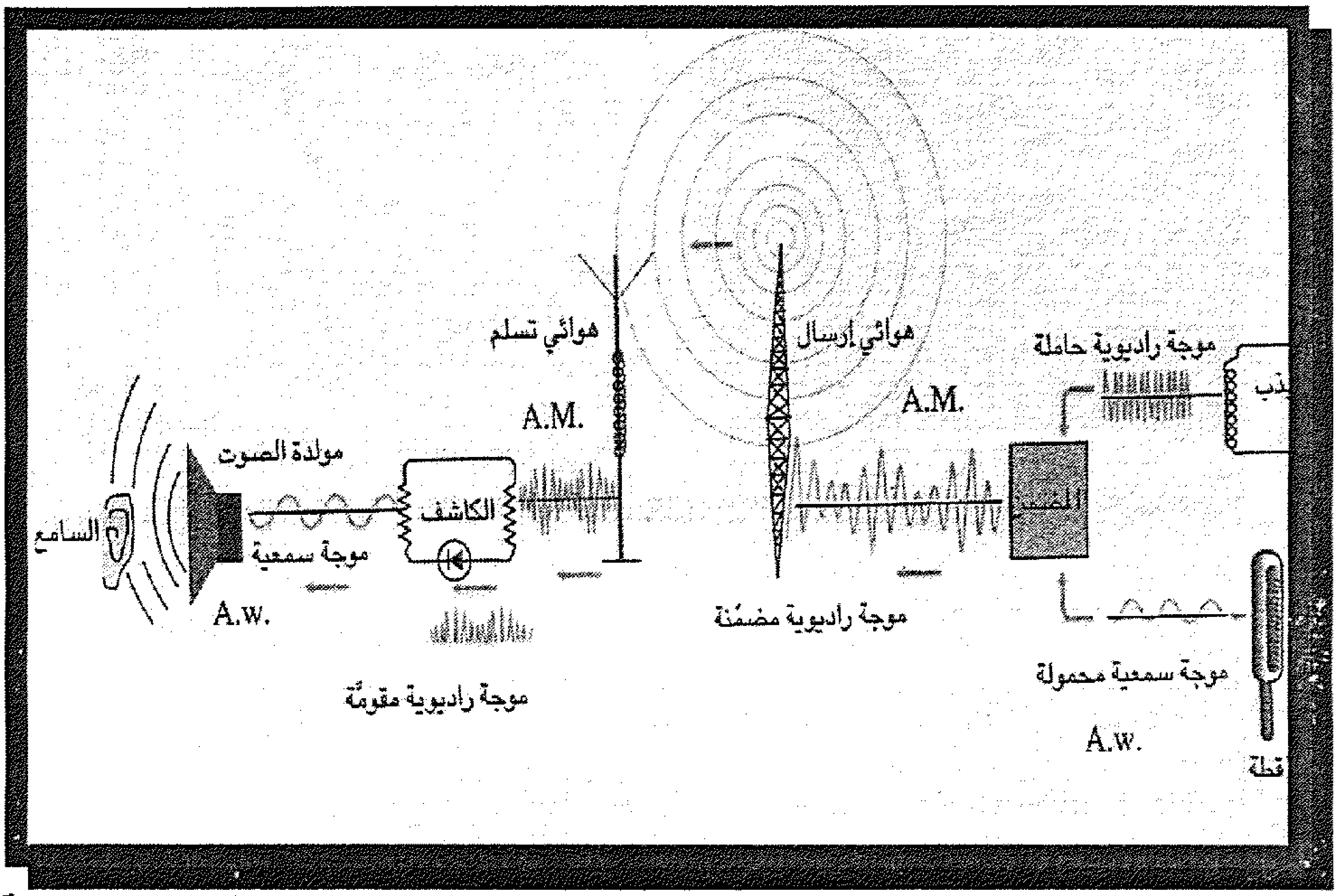
عملية التسلم تتم بواسطة الهوائي حيث تمرر على الدائرة الرنينية في جهاز التسلم ثم يتم انتقاء الإشارة المطلوبة بعملية التوليف أي تغير سعة المتسعة المتغيرة في الدائرة الرنينية حتى يتساوى تردد الدائرة الطبيعي مع تردد الموجة المراد استلامها. الشكل(4– 13)بعد ذلك تمرر الى الكاشف لغرض فصل الموجة السمعية عن الموجة الراديوية ويتم ذلك:

1- يحتوي الكاشف على ثنائي بلوري (دايود) يقوم هذا الثنائي بالحصول على إشارة متغيرة سمعية باتجاه واحد فقط (أي يقوم بعملية التقويم).

2- تمرر هذه الإشارة على متسعة ذات سعة مناسبة تمرر الترددات الراديوية بسهولة وتعرقل مرور الترددات السمعية الواطئة $X_L \alpha 1/\square$.

3- تمرر الموجات السمعية على السماعة لجهاز التسلم والذي تحتوي على ملــف يقوم بإمرار الترددات السمعية وخنق الترددات الراديوية العالية (عكس المتــسعة) ويحولها بعد ذلك إلى إشارة صوتية ميكانيكية.

شكل (4- 13)مراحل بث وتسلم الموجات الراديوية



4 – 6 الضوابط والمعايير الواجب إتباعها عند نصب المحطات الرئيسية والهوائيات :

1- يفضل إقامة محطات البث الرئيسية خارج حدود التصاميم الأساسية للمدينة أما أبراج الهوائيات فيسمح بنصبها داخل المدن .

2- يكون ارتفاع المبني الذي تركب فوقه الهوائيات ما بين 15متراً كحد أدني إلي 50 متراً كحد أقصى عن مستوى سطح الأرض ،وفي حال تعذر وجود مثل هـذا الارتفاع يتم تركيب الهوائيات على برج معدني أو سارية بحيث يـصبح ارتفـاع الهوائي عن سطح الأرض 15 متراً .أو أكثر.

3- يجب أن يكون ارتفاع هوائيات محطة الهاتف الجوال أعلى من المباني المجاورة للمبنى المختار بدائرة نصف قطرها 10 متراً .

4 – يجب أن يكون سطح المبنى الذي يتم تركيب الهوائيات عليه من الخرسانة المسلحة لكي يكون درعا واقيا من إشعاع الموجات الراديوية. يتم غلق السطح بالكامل بباب مغلق ويتم وضع سور غير معدني من جميع الاتجاهات على مسافة 6متر من مركز قاعدة البرج ومترين بالنسبة للسارية الموجود على حافة المبنى مع وضع إشارات تحذيرية . و لا يسمح بتركيب الهوائيات على الشرفات التي بدون سقف خرساني مسلح.

5 - عند تركيب أكثر من هوائي على نفس البرج يتم تركيب برج معدني بحيث تكون الهوائيات على ارتفاع لا يقل عن 6 متر من سطح المبنى ويفضل أن لا يزيد عدد الهوائيات التي يتم تركيبها على المستوى نفسه عن ثلاثة هوائيات مرسلة وثلاثة هوائيات مستقبلة. هوائيات في المستوى الواحد يشترط ان لا تقل المسافة الرأسية بين مركز الهوائيات عن 4 متر بين كل مستويين متتاليين .

6 – يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين مركزي برجين لمحطتي الهاتف الجوال على سطح المبنى نفسه عن 12 مترا .

7 – عند تركيب الهوائيات يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بينها وبين العنصر البشري عن 6 متر باتجاه الشعاع الرئيسي

8- لا يفضل تركيب الهوائيات فوق المستشفيات والمراكز الصحية والمراكز العلمية والمدارس كي لا يحدث أي تداخل موجي مع الأجهزة الموجودة فيها والوقاية من التأثيرات الصحية المحتملة ,إلا في الضرورة القصوى وعزل الهوائي كهربائيا . ويجب عدم السماح لسقوط شدة عالية من الموجات الراديوية من المحطة في أي جزء من فناء المدرسة او المستشفيات والمراكز الصحية والتي عادة ما تسقط هذه الشدة الكبيرة على الأرض عند مسافة تتراوح بين 50 –200 متر من قاعدة الهوائيات.لذلك 10 يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين الهوائيات

وسور المدارس عن هذه المسافات وذلك لكونهم في مرحلة نمـو تجعلهـم أكثـر حساسية للترددات الراديوية .

قاعدة هوائي المحطة للهاتف الجوال ،الذي يكون على ارتفـاع 10 أمتـار فـوق الأرض ، وتعمل على أعظم كثافة ممكنة ، قد تنتج كثافة قدرة تصل إلـى 0.01 ملي واط / سم^2 على الأرض بالقرب من موقع الهوائي ، ولكن مـستوى كثافـة القدرة على سطح الأرض سوف يكون في أكثر الأحيان في المدى 0.00001 إلى 0.00005 ملي واط / سم^2. هذه القيم هي أقل بكثير من المبادئ التوجيهية للسلامة ، علما بان المعايير الموضوعة هي أقل بكثيـر مـن المـستوى الـذي تـسبب الخطر.وعلى بعد 200 متر من قاعدة موقع الهوائي ، تزداد كثافة القـدرة كلمـا ارتفعنا فوق قاعدة موقع الهوائي (على سبيل المثال ، في الطابق الثاني من مبنى أو على تل). حتى في حالة وجود هوائيات متعددة على البرج نفسه ، فان كثافـة القدرة قد تكون أقل من 5 ٪ من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبـل الهيئـة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه على جميع الارتفاعات وعلى جميـع المسافات لأكثر من 55 مترا من موقع الهوائي.وعلى ارتفاع 200 متر (من موقع الهوائي فان كثافة القدرة لا ترتفع مع زيادة الارتفاع.كثافة القدرة داخـل المبنـى سيكون أقل من بمقدار 3 إلى 20 مرة من الخارج .الباحث بيترسن قـام بقيـاس كثافة الطاقة حول محطات قاعدة الهاتف الجوال. كانت القياسات لهـوائي قدرتـه 1600 واط للأبراج التي تراوح ارتفاعها بين 40 حتى 83 مترا. الحد الأقصى لكثافة القدرة على الأرض تساوي 0.002 ملي واط / سم^2، وكان الحد الأقصى على بعد 20 إلى 80 مترا من قاعدة الأبراج. في حدود 100 متـر مـن قاعـدة للأبراج ، بلغ متوسط كثافة القدرة أقل من 0.001 ملي واط / سم^2. أقصى كثافـة لهذه الترددات اللاسلكية أقل من 1٪ من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لمعايير ألتعرض للجمهور.في

عام 1999 قام مجموعة من الباحثين من كنـــدا ، بقيـــاس مـــستويات التـــرددات اللاسلكية في خمس مدارس ، ثلاث منها كانت المحطات القاعديه عليها أو بالقرب منها جميع المدارس كانت ضمن المعايير الدولية بهامش واســـع. أقـــصى هـــذه القراءات مبينة في الجدول (4 – 3).

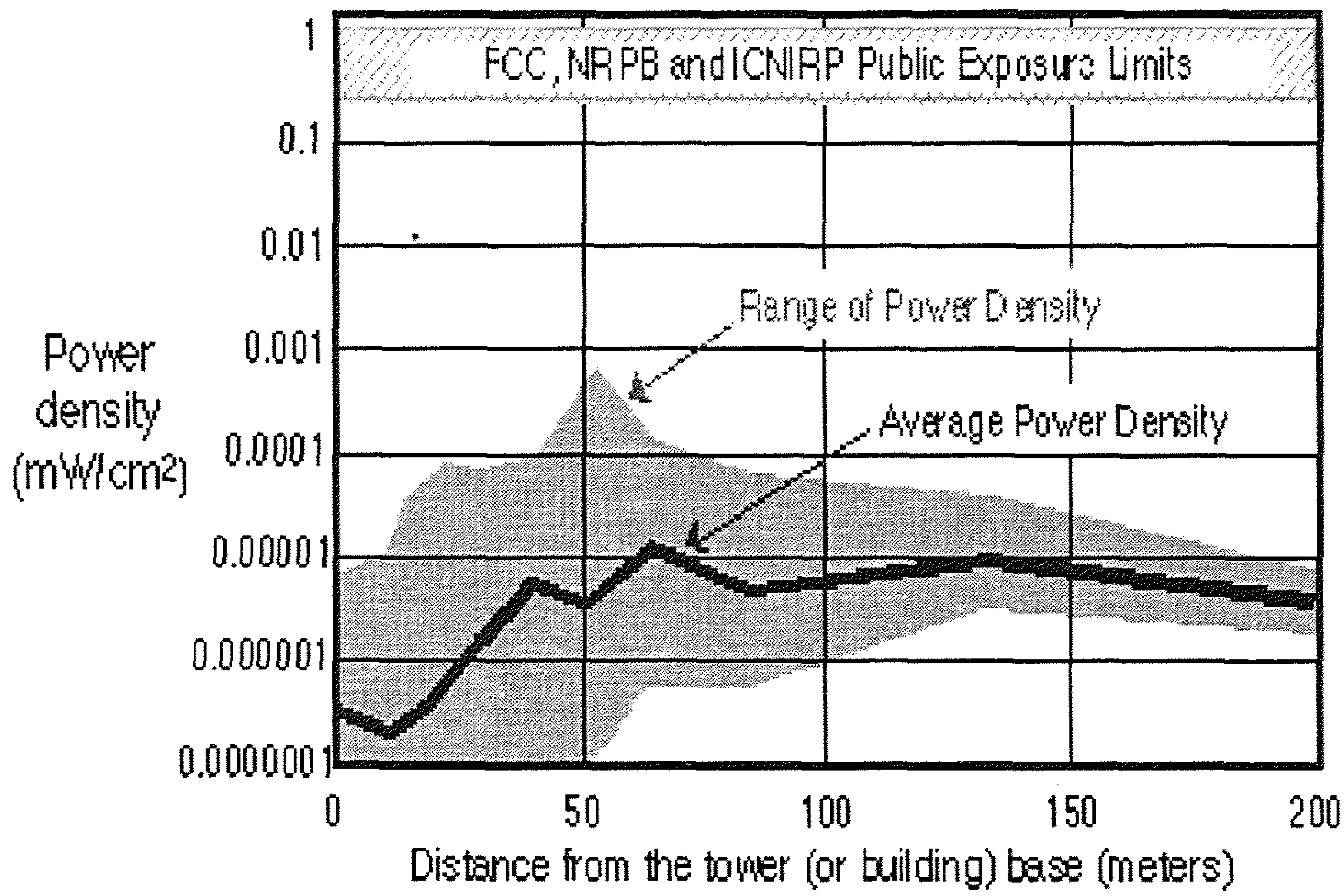
في عام 2000 ، أنجز المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع في المملكة المتحـــدة قياس مستويات الإشعاع للموجات الراديوية في 118 موقعا يمكن الوصول إليها والناتجة من نحو 17 قاعدة هوائي الهاتف الجوال. التعرض الأقصى في أي موقع كان 0.00083 ملي واط / سم^2 على ملعب يبعد 60 مترا من مبنى مدرسة مثبت هوائي على سطحها. كثافة القدرة كانت أقل من 0.0001 ملي واط / سم^2 وهـــي أقل من 0.01% من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقايـــة من الإشعاعات غير المؤينه لتعرض الجمهور. كما في الشكل (4– 14).

الجدول (4 – 3) مستوى الموجات الراديوية القريبة من بعض المدارس الكندية القريبة المحطات الارضيه

المدرسة	موقع قاعدة هوائي الهاتف الجوال	الحد الأقصى لمستوى الموجات الراديوية
1	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية عبر الشارع	0.00016 ملي واط /سم^2
2	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية على سقف المدرسة	0.0026 ملي واط / سم ^{2}
3	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية عبر الشارع	0.00022 ملي واط / سم ^{2}
4 و 5	لا قاعدة لهوائي الهاتف الجوال توجد	أقل من 0.00001 ملي واط / سم ^{2}

لأن كثافة القدرة للترددات الراديوية اللازمة لإنتاج التأثيرات البايولوجية تعتمد على التردد ، وهذا الرقم لا ينطبق إلا على ترددات تتراوح بين 800 و 2200 ميجاهرتز (أي تلك التي تستخدمها حاليا والهاتف الجوال التناظرية والرقمية) .لذلك لا يجوز الدخول إلى المحطات الارضيه للهاتف بحيث يكون البعد الأفقي عن الهوائيات 6 متر .

الشكل (4– 14).مستوى الإشعاع للموجات الراديوية قرب قواعد هوائي الهاتف الجوال في بريطانيا



أو بالقرب من سطوح المباني. ولقد وجد بأنة على بعد (1 متر) من هوائي على السقف فان القدرة المرسلة الفعالة ERP له 1600 واط وكثافة الطاقة تصل إلى 2 ميجا واط / سم^2 بالمقارنة مع التعرض القياسي للجمهور والذي يتراوح بين (0.57 - 1.2 ملي واط /سم^2).

بعض المعايير العامة لتحديد مواقع المحطات الارضيه للهاتف .

1 – مواقع الهوائي يجب أن تكون مصممة بحيث لا يمكن للجمهور الوصول إلى المناطق التي تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لتعرض الجمهور. وكقاعدة عامة ، لا يمكن للجمهور الوصول إلى مسافة 6 أمتار من الهوائي .

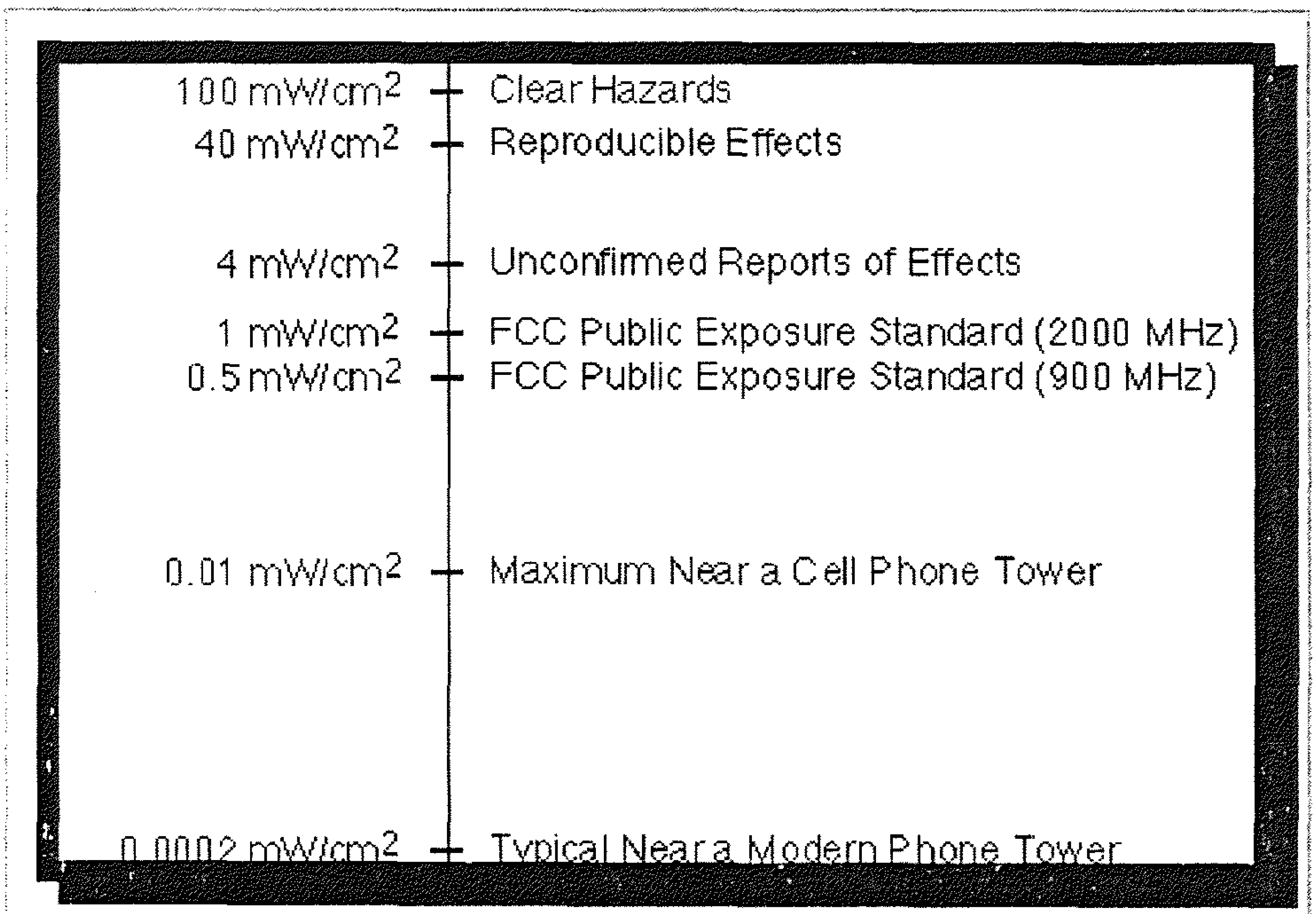
2. إذا كانت هناك مناطق يمكن للعمال الوصول إليها و التي تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لتعرض الجمهور يجب أن يتأكد العاملين من الاحتياطات الواجب اتخاذها عند دخول هذه المناطق. وبشكل عام ، يكون للمناطق التي تبعد 6 أمتار من الهوائيات .

3. إذا كانت هناك مناطق تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه للتعرض المهني يجب على العاملين معرفة هذه المناطق ، و يمكنهم إيقاف أجهزة الإرسال عند دخولهم لهذه المناطق. ومثل هذه المناطق قد لا تكون موجودة ، ولكن إذا وجدت ، فإنها ينبغي أن تقتصر على المناطق الواقعة ضمن 3 أمتار من الهوائيات. القدرة المرسلة Transmitter power هو مقياس للقدرة الكلية ، في حين أن القدرة المرسلة الفعالة ERP والمقاسة بالواط هو مقياس للقدرة في الشعاع الرئيسي. إذا كان الهوائي متعددة الاتجاهات وكفائتة 100% ، فان القدرة المرسلة و القدرة المرسلة الفعالة ، سيكون لهما نفس المقدار. هوائيات الهاتف الجوال (مثل جميع الهوائيات) ليست متعددة الاتجاهات ، وتكون هوائياتها ذات ربح gain اتجاهي معتدل أي منخفض (و يعرف الربح بأنة مقياس لمدى اتجاه الهوائي ويقاس بالديسيبل) أو ذات ربح عالي. أي أنها اتجاهية حيث تتركز طاقتها في بعض الاتجاهات ، وتقل طاقتها كثيرا في الاتجاهات ألأخرى. ،. نتيجة لذلك ، يمكن لقاعدة محطة إرسال قدرتها 20–50 واط ذات ربح هوائي عالي ان تولد قدرة مرسلة فعالة

من أي مكان بقدرة تتراوح بين من عدة مئات من الواطات إلى أكثر مـــن 1000 واط. العلاقة بين مستوى كثافة القدرة للترددات الراديوية اللازمة لإنتاج تـــأثيرات بيولوجية معروفة و مستويات كثافة القدرة للترددات الراديوية المحددة في المبادئ التوجيهية للجنة الاتصالات الفدرالية الأمريكية ،و كثافة القدرة للترددات الراديوية حول أبراج محطات الهاتف الجوال موضحة في الشكل (4- 15).

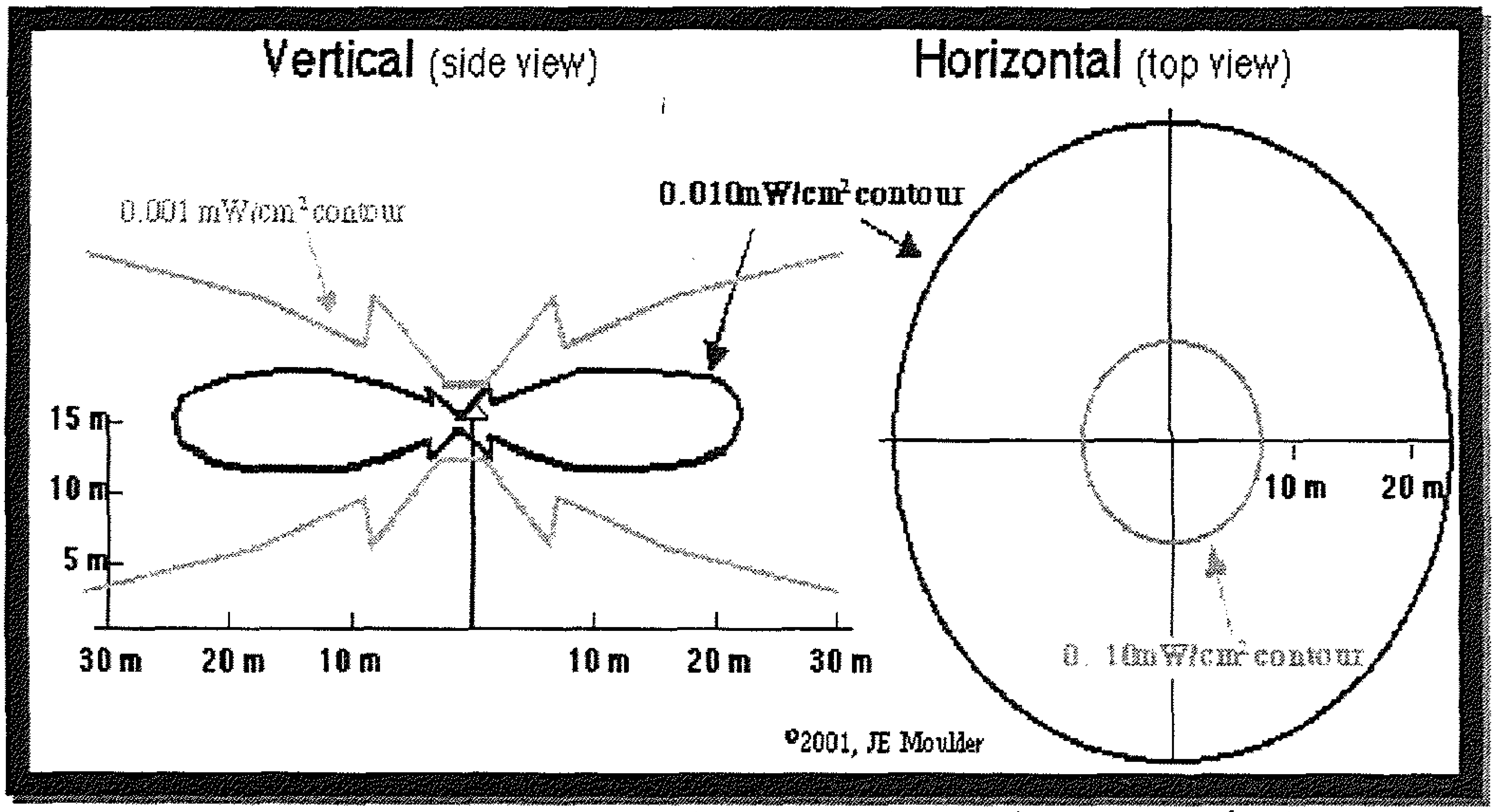
يمكن تفسير كل من مفهوم الربح و القدرة المرسلة الفعالة بمقارنة مـــصباحين كهربائيين احدهما مصباح اعتيادي قدرته 100 واط والأخر مصباح نقطي له نفس القدرة لكن المصباح النقطي أكثر ضوءا عند النظـــر باتجـــاه الحزمـــة النقطيـــة وأضعف خارج الشعاع الرئيسي بالرغم من تساوي فـــدرتيهما . قاعـــدة هـــوائي الهاتف الجوال (ولاسيما الهوائي ذات الربح العالي) هو مماثل للمصباح النقطي ، و القدرة المرسلة الفعالة تكون مكافئة لقدرة الشعاع الرئيسي للمصباح النقطي.

الشكل (4- 15)المعايير لأبراج محطات الهاتف الجوال



ويوضح الشكل (4– 16) و الشكل (4– 17)مخطط الموجات الراديوية لموجة لهوائي قدرته المرسلة الفعالة 1000 واط ذات ربح واطئ وهو من النوع الذي يستعمل عادة في المحطات الارضيه للهواتف الحرارية القديمة وأخر ذات ربح عالي وهو من النوع الذي يستعمل عادة في المحطات الارضيه للهواتف الحرارية الحديثة .

الشكل (4 - 16) مخطط الموجات الراديوية لهوائي قدرته المرسلة الفعالة



1000 واط وذات ربح واطئ وعلى برج ارتفاعه 15 متر

وبناء على ما تقدم يمكن العيش في بناية مثبت على سقفها قاعدة برج هوائي الهاتف الحرارية للأسباب التالية :

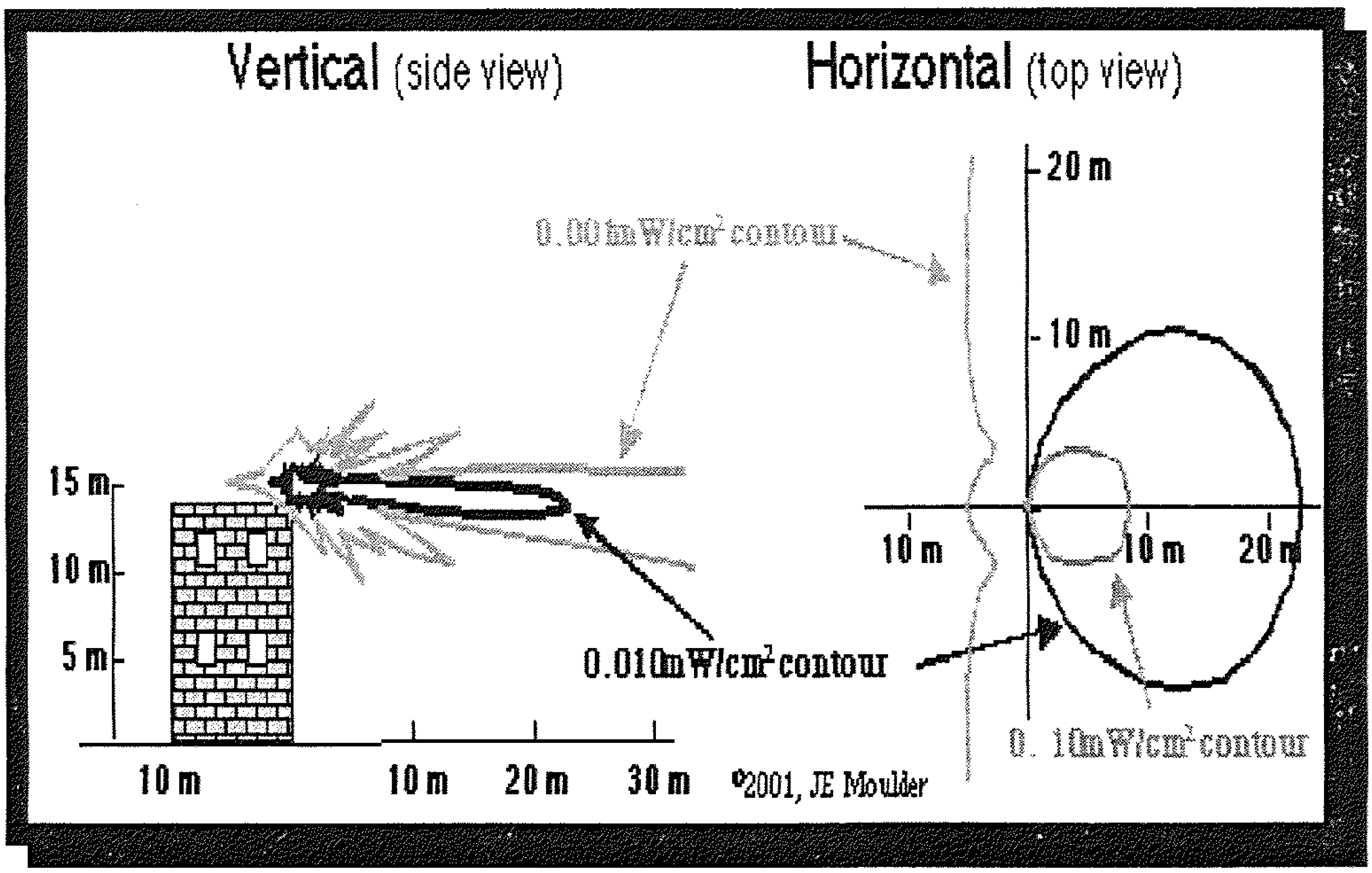
1 – يتضح من الشكلين السابقين بان كل من الهوائيات ذات الربح العالي أو الواطئ لا تشع كثيرا من طاقتها نحو الأسفل

2 – سطح المبنى سوف يمتص كميات كبيرة من الطاقة الموجات الراديوية. وعادة ما يتوقع بان سطح المبنى يمكن أن يقلل من قوة الإشارة بمعامل 5 إلى 10 (أو أكثر بالنسبة للسقوف ألخرسانية المسلحة أو المعدنية).

3- وقد تمت الحسابات حتى في أسوأ الحالات ووجد بأن كثافة الطاقة في البناية وتحت الهوائي سيكون ضمن قيم إرشادات السلامة المسموح بها.

4- كذلك أكدت كثير من القياسات الفعلية للشقق في الطابق العلوي والممرات بان كثافة الطاقة أقل بكثير من جميع قيم المبادئ التوجيهية للسلامة من الترددات الراديوية.

الشكل (4 – 17) مخطط الموجات الراديوية لهوائي قدرته المرسلة الفعالة 1000 واط وذات ربح عالي وعلى برج ارتفاعه 13متر



من أهم المبادئ التوجيهية لنصب أبراج الهوائي فوق البنايات .

1 – ترفع هوائيات الإرسال فوق البناية (وليس قاعدة البرج) إلى ارتفاع أكثر من ارتفاع أي شخص قد يكون على السطح الشكل (4– 18).

2– يفضل أن تكون هوائيات الإرسال بعيدا عن المناطق التي يمكن أن يتواجد بها الناس فوق البناية (مثل نقاط الدخول إلى السطح ، نقاط الخدمة الهاتفية ومعدات التكييف).

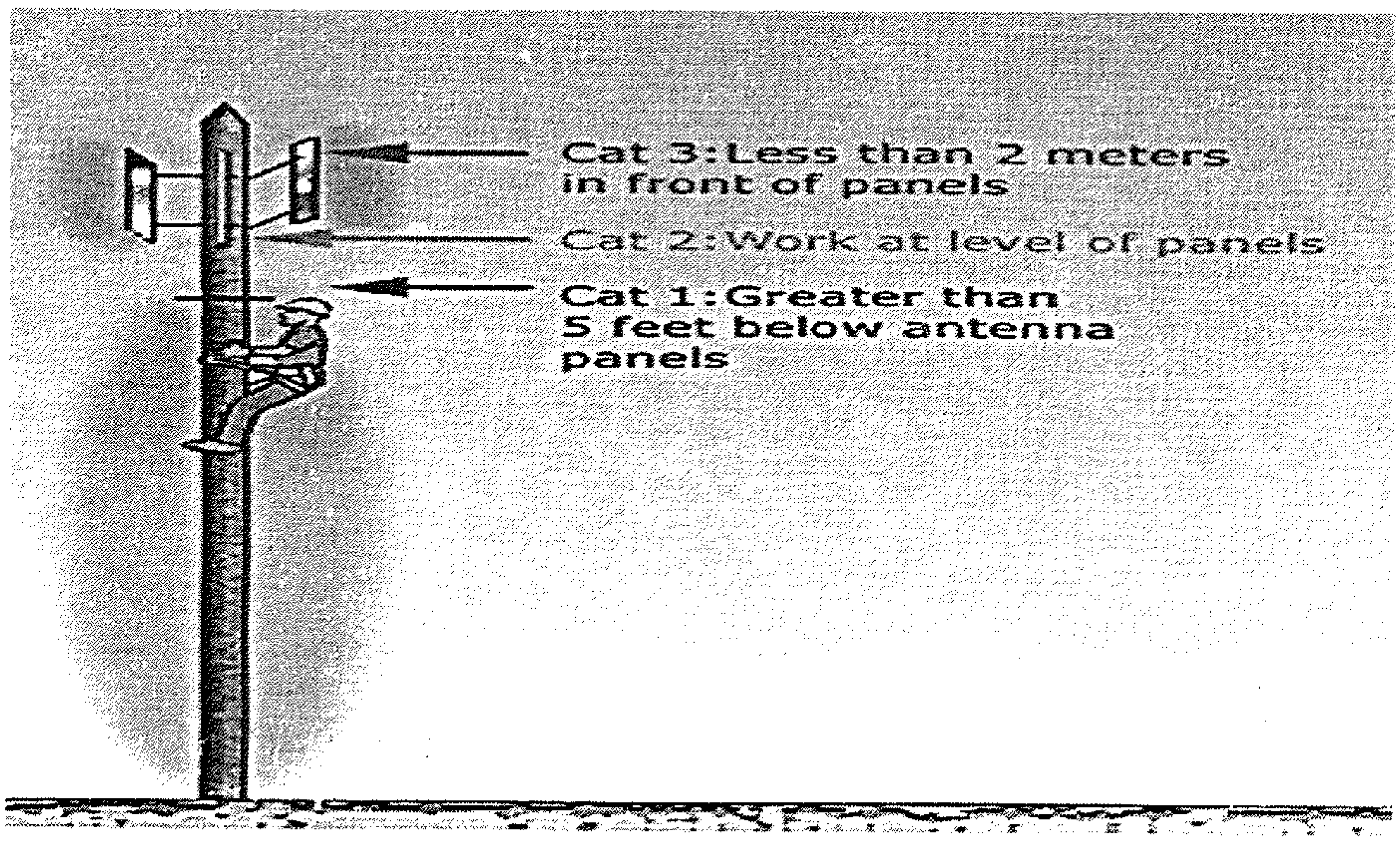
3– يوضع الهوائي بالقرب من محيط البناية ويوجه بعيدا عن المبنى.

4– معايير الترددات الراديوية أكثر صرامة للهوائيات ذات الترددات الواطئة (900 ميجاهرتز) عنها للهوائيات ذات الترددات العالية (1800 ميجاهرتز).

5– اتخاذ إجراءات وقائية خاصة لكي تكون الهوائيات ذات القدرة العالية بعيدا عن المناطق التي يمكن الوصول.

6– إبقاء الهوائيات في موقع متباعدة ما أمكن ذلك ؛ على الرغم من أن هذا قد يتعارض مع متطلبات تقسيم المناطق المحلية.

شكل (4– 18) الهوائيات ترفع فوق البناية



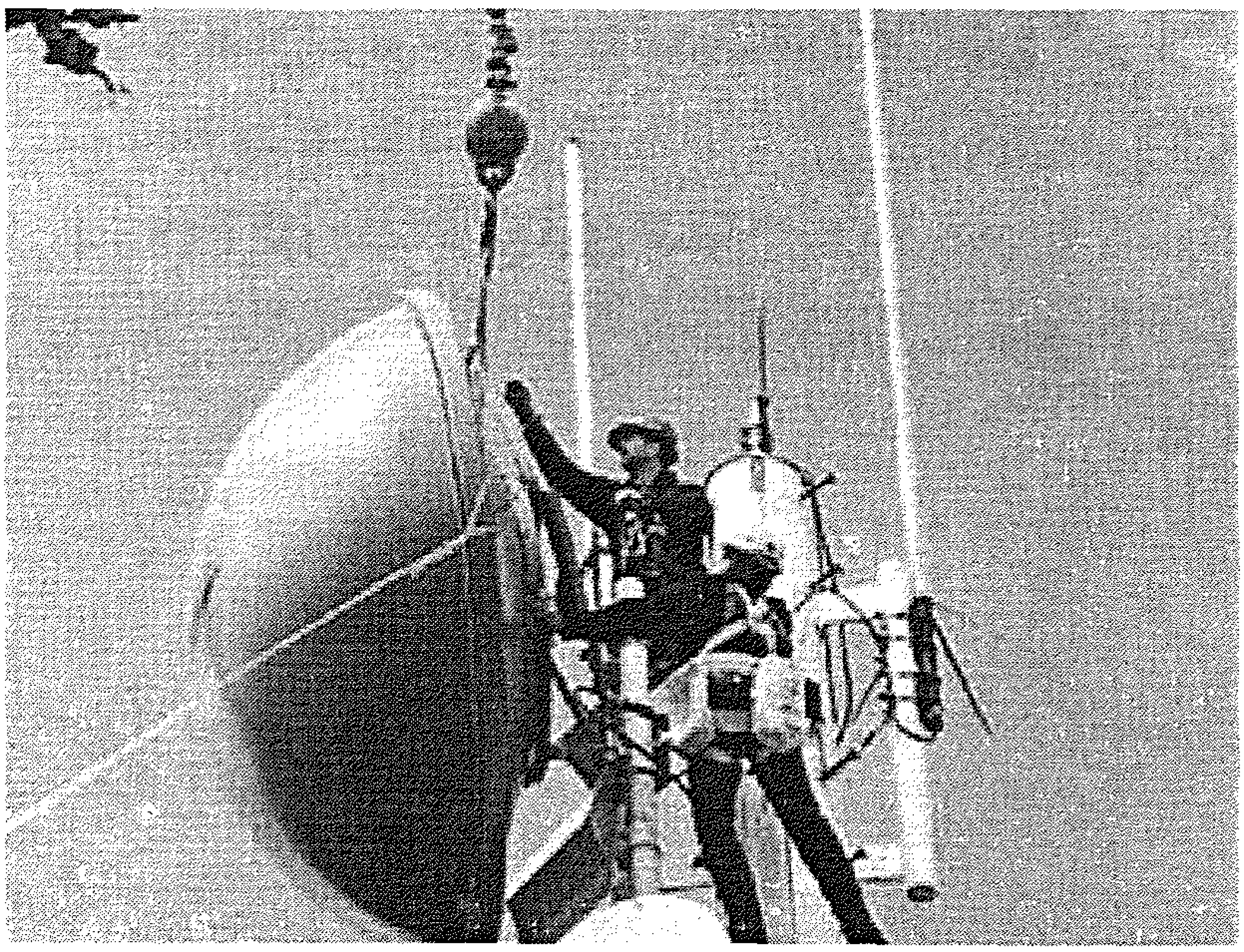
7- اتخاذ احتياطات خاصة عند تصميم المواقع المسماة "المشاركة في الموقع" ، حيث توضع هوائيات متعددة مملوكة لشركات مختلفة على نفس الهيكل. هذا ينطبق بشكل خاص على المواقع التي تتضمن هوائيات بث الطاقة العالية (الترددات الراديوية والتلفاز) الشكل (4- 19).

تقسم المناطق المحلية غالبا ما تفضل المشاركة في الموقع ، ولكن المشاركة في الموقع يمكن أن توفر تحديا لمشاكل السلامة للترددات الراديوية .

ولتقليل المخاطر للعاملين قرب الهوائيات ينبغي التقيد بما يلي :

1 - ينبغي إعلام الأفراد الذين يعملون في موقع الهوائي عن وجود إشعاع التردد الراديوي ، واحتمال التعرض للمخاطر والخطوات التي يمكن اتخاذها للحد من التعرض.

شكل (4- 19)هوائيات متعددة"المشاركة في الموقع"



2. إذا كان تردد الموجات الراديوية في الموقع يؤدي إلى تعرض يمكن أن يتجاوز المستويات الموصى بها عالميا لعامة الناس ، ينبغي وضع إشارات تحذيريه مناسبة في الموقع.

3 – يجب قياس مستويات الإشعاع للموجات الراديوية في موقع.

4 – نفترض أن جميع الهوائيات تعمل في جميع الأوقات.

5 – قبل العمل قرب ألهوائي يجب إغلاق جميع أجهزة الإرسال المربوطة.

6 – استخدام أجهزة الكشف الشخصية لضمان أن جميع أجهزة الإرسال قد تم بالفعل إيقافها.

7 – الحفاظ على مسافة آمنة تتراوح بين1-2 متر عن الهوائيات لغرض تقليل التعرض.

8 – تجنب التعرض لفترات طويلة على مقربة من هوائيات وذلك بتقليل زمن التواجد.

9 – في بعض المواقع التي توجد فيها هوائيات متعددة ولا يمكن إغلاق بعضها يكون من الضروري استخدام ملابس واقية.

10 – عدم التعرض إلى العديد من المخاطر الناتجة من غير الترددات الراديوية في معظم المواقع (مثل ، آلمكائن الخطرة و الخطر من الصدمات الكهربائية ، ومخاطر السقوط) ، بحيث لا يسمح بالعمل إلا للعاملين المدربين جيدا في الموقع.

من أجل حماية السكان الذين يعيشون حول المحطات القاعديه ومستخدمي الهواتف الجوالة ، اعتمدت الحكومات والهيئات التنظيمية معايير السلامة ، والتي تضع قيود على مستويات التعرض والتي أوصت بها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP للتعرض المهني ، و لعموم السكان. وقد

ضعت إجراءات الترخيص في معظم الدول لضمان الامتثال لمعـــايير ICNIRP أو لغيرها من التشريعات البيئية. العديد من الهيئـــات الحكوميـــة تلـــزم شـــركات الاتصالات المنافسة لتحقيق تقاسم الأبراج من أجل الحد من الآثار البيئية الجمالية و رفض تركيب هوائيات وأبراج جديدة إذا كانت هناك أبراج لبعض الشركات .

4 – 7 الإرسال من المحطات القاعديه

هوائي المحطات القاعديه التي تكون خلاياها كبيرة macrocells إما أن تكـــون محمولة على أبراج قائمة بذاتها ،عادة ما ترتفع 10–30 مترا ، أو علـــى أبـــراج قصيرة على أعلى المباني ، أو تعلق على جانب المباني. في الترتيبات النموذجية ، فان كل برج يحمل ثلاثة هوائيات ، كل منهما يبث إلى القطاع 120 °. نسبة كبيرة من القدرة يتركز بشكل شعاع أفقي تقريبا عادة عرضة حوالي 6 ° فـــي الاتجـــاه الرأسي والباقي يذهب إلى سلسلة من الحزم الضعيفة (تسمى فـــصوص الجانـــب) على جانبي الشعاع الرئيسي. الشعاع الرئيسي يميل قليلا إلى أسفل ، ولكن لا يصل إلى مستوى الأرض حتى مسافة لا تقل عن 50 مترا من البرج (عـــادة 50–200 م).

هوائيات المحطة القاعديه تبث قدرة أكبر من تلك التي يبثها الهواتف. حدود للقدرة يتم وضعه لكي يتم تجنب تداخل الترددات الراديوية والتي حددها الترخيص التي أصدرته سلطة الاتصالات اللاسلكية. هذه الطريقة لا تحد من القدرة الكلية المنبعثة ولكنه يفعل ذلك بصورة غير مباشرة عن طريق تحديد الشدة القصوى التي يمكـــن أن يبثها الهوائي إلى الشعاع الرئيسي. يتم ذلك من خلال تحديد الحـــد الأقـــصى " لقدرة ألإشعاع الفعالة والتي تبث بشكل متماثـــل "equivalent isotropic ally radiated power" (EIRP) . قدرة الإشعاع الفعالة (EIRP) هي القدرة التـــي يجب أن تبث بشكل متماثل" بجميع الاتجاهات لتنتج شدة معينة. في الواقع ، وكما سبقت الإشارة إليه ، فان الهوائيات المستخدمة تكون بعيدة جدا من أن تبث بشكل متماثل isotropic ، حيث أن معظم القدرة المنبعثة تكون باتجاه الشعاع الرئيسي ،

نسبة قدرة الإشعاع الفعالة إلى القدرة الكلية يسمى كسب الهوائي. لقطــاع 120 ° فإن كسب الهوائي ما بين 40 و 60. الترخيص يعين المقــدار الأقــصى لقــدرة الإشعاع الفعالة عند المقدار 1500 واط لكل تردد قناة المقابلــة للحــد الأقــصى لمجموع القدرة الإشعاعية لحوالي 30 واط لكل قناة (=EIRP / الكسب). كما أنه يحد من عدد القنوات لكل هوائي إلى 16 (للتردد1800 ميجاهيرتز) و 10 (لتردد 900 ميجاهرتز). ومع ذلك ، فانه في الممارسة العملية يكون عدد القنوات عــادة أقل من 4 لتردد 1800 ميجاهرتز ، و 2 إلى 4 في تردد 900 ميجاهيرتز ، التي من شأنها أن تتوافق مع الحد الأقصى للقدرة التي يــشعها لأقــل مــن 120 واط و60- 120 واط ، على التوالي. وبالمثل ، فإن القدرة الكلية المشعة المنبعثة مــن الهوائي تحدد بسبب خصائص المعدات إلى حد ما تحت 70 واط ،. لا بــد مــن التأكيد على أن عدد القنوات المستخدمة ، وبالتالي فإن القدرة الكلية المشعة ، تحدد تقنيا وليس لمتطلبات قانونية ، والتي من شأنها أن تسمح بإشعاع قدرة اكبر. كمــا هو الحال للهاتف ، وإلى حد كبير لنفس الأسباب ، فإن متوسط القدرة التي ترسلها المحطة القاعديه عادة أقل من أقصى قدرة ، في هذه الحالة يمكن أن يرتفع إلــى الحد الأقصى في زمن (واحد إلى ثمانية من ذروة القدرة في حالة وجود الهاتف).
من قانون التربيع العكسي ، فان الحد الأقصى للشدة في الشعاع الرئيسي عند نقطة على الأرض تبعد 50 مترا من برج ارتفاعه 10 يحمل هوائي يرســل 60 واط بقطاع 120 ° هو حوالي 100ملي واط / م ^{2} هذا يطــابق مجــالات كهربائيــة ومغناطيسية مقدارهما حوالي 5 فولت / م و 0,02 مايكرو تسلا، على التوالي أي حوالي تقريبا 50 إلى 100 مرة أصغر من تلك التي على مسافة 2.2 ســم مــن هوائي للهاتف. آثار التسخين التي سوف تولدها هذه المجالات سوف تختلف مــع الكثافة وتكون حوالي 5000 مره أقل من القيمة القصوى على مسافة 2.2 سم من هوائي الهاتف النقال.

كثافة الترددات الراديوية على سطح الأرض ليست صفرا خارج الشعاع الرئيسي ، وذلك بسبب القدرة التي تنبعث في الفصوص الجانبية. قيمتها سوف تعتمد على تصميم الهوائي ولكن يبدو من غير المحتمل أن تكون أكثر من ذلك في الشعاع. حتى القيم المذكورة أعلاه يجب أن تكون مؤشرات معقولة عن الحد الأقصى للكثافة والمجالات التي من شأنها أن تكون موجودة على سطح الأرض حول مركز المحطة القاعديه. مع ذلك فان الكثافة تكبر بشكل ملحوظ عند الاقتراب من الهوائي ، كما يحصل لعمال الصيانة.قامت NRPB بالقياس الموقعي لمعدل الكثافات حول المحطات القاعديه التي بعضها كانت محمولة على أسطح المدارس ، على الأبراج ،وعلى المباني. أجريت القياسات في نقاط مختلفة داخل المباني ، على سطح الأرض ، وفي مواقع أخرى لدخول الجمهور. تراوحت الكثافة المقاسة ما بين 0.01 و 1 ملي واط / م ^{2} والمقدار الأقصى لم يكن أبدا أكثر من 10 ملي واط / م ^{2} ، هذه القيم أقل بكثير من القيم المحسوبة في الشعاع المذكور أعلاه ، على الرغم من أن العينة صغيرة. وقد لوحظ بأن معظم الحسابات والقياسات كانت لأبراج مستخدمة من قبل مشغل واحد فقط. إن متوسط الكثافة المتوقع يكون أكبر قرب ألبرج المستخدم من قبل أكثر من مشغل.هناك خاصيتين مهمتين للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهواتف الجوالة ، والمحطات القاعديه ، يمكن أن تكون ذات أهمية لتفاعلها مع الأنسجة البايولوجية ، هما الطيف الترددي وزمن التشاكة (coherence time). الانبعاث من الهاتف الجوال يكون بتردد واحد أما من لمحطات القاعديه فيكون بترددات محددة مختلفة ، في كلتا الحالتين فان الموجات لديها زمن طويل نسبيا للتشاكه يصل حوالي 4 ميكروثانية (زمن التشاكة هو متوسط الزمن بين التغير في الطور العشوائي). هاتان الخصيتان مختلفتان تماما عن تلك التي تحصل من الإشعاع الشمس الذي يتكون من طيف واسع من الترددات والموجات الكهرومغناطيسية بزمن تشاكه أقصر بحوالي مائة ألف. مجالات الموجات اللاسلكية تخترق الجسم إلى حد بحيث يقل مع زيادة التردد.

لفهم تأثير ذلك على الأنسجة البايولوجية ، فان مقدار المجال يجب معرفتـــه فـــي مختلف ألأجزاء المعرضة من الجسم. هذا يتطلب معرفة الخـــصائص الكهربائيـــة لأنواع مختلفة من الأنسجة وعند معرفة ذلك ، فيمكن حساب المجال الكهربائيE والمغناطيسيB في كل جزء من أجزاء الجسم الناجمة عن مـــصدر معـــين مـــن الإشعاع مثل الهاتف الجوال.

معدل امتصاص الطاقة من كتلة معينة من الأنسجة $m\sigma E^2 / \rho = m$ ،

حيث σ و ρ الموصلية وكثافة النسيج على التوالي ، وE هو قيمة معـــدل مربـــع الجذر التربيعي rms للمجال الكهربائي. والمقدار $\sigma E^2 / \rho$ يسمى معدل امتصاص الطاقة SAR ، ويقاس في (واط / كجم). وهي تختلف من نقطة إلى أخرى فـــي الجسم بسبب التغييرات المجال الكهربائي مع الموقع، وكذلك فان الموصلية تختلف لأنواع مختلفة من الأنسجة. (الكثافة متساوية تقريبا لجميع الأنسجة عدا العظـــام) .ولان متوسط قيم الموصلية في التردد 900 ميجاهرتز وكثافة أنسجة الجسم هي 1 S/m و 0.001 كغم / م^3، على التوالي ، القيمة النموذجيـــة للمجـــال الكهربـــائي اللازمة لإحداث SAR مقداره 1 واط / كجم يساوي حـــوالي 30 فـــولط/ متـــر. (متوسط قيمة الموصلية يكون كبيرا إلى حد ما في التردد 1800 ميجاهرتز لـــذلك فان المجالات الكهربائية المطلوبة تكون قليلة وبحـــدود، 25 فـــولط / م (SAR والتي تنتجها قيمة معينة من المجال الكهربائي يكون تأثيرها على الأطفال أكثر من البالغين لأن أنسجتهم يحتوي على عدد أكبر من الأيونات وبالتالي تكون التوصيلة عالية.

الفصل الخامس

اجهزة قياس
مكونات الموجات اللاسلكية

5 – 1 المقدمه:

يمكن قياس الكميات المتعلقة بالموجات الراديوية في الزمن الحقيقي لغرض تقيـيم إرسال المحطة القاعديه ومن أهمها شدة المجال الكهربائي والمغناطيسي E و H. ومنها يمكن حساب الحدود المشتقة ، والتي تعطى بدلالة كثافة تـدفق القـدرة S (W/m^2) ، شدة المجال الكهربائي E (V/m) ، و شدة المجال المغناطيـسي H (A/m). وعند الترددات المستخدمة في المحطة القاعديه للهوائي فـي اتـصالات الهاتف الجوال ، فان منطقة المجال البعيد جدا (far-field region) يبدأ على مسافة قصيرة من الهوائي ، وبالتالي فان قياس شدة المجال الكهربـائي ، تكـون كافية بوجه عام.

طريقة القياس تأخذ في الاعتبار الهدف من المعلومات التي يتم الحـصول عليهـا وخاصة عندما لا توجد معرفة مسبقة بمصادر الانبعاث. ألتحقق مـن الامتثـال للمعايير الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لا يمكن تتبعها بالكامل ، نظرا لعدم عمل محاكاة قبل القياسات ولا يوجد مقياس مسبق بواسطة هوائي الحزمـة العريضة. تفعيل القياسات يمكن تحقيقه في المواقع التي تعتبر من الناحية النظرية ذات الانتشار المثالي بواسطة جهاز انتقائية التردد ، وتلـك القياسـات ينبغـي أن تندرج في مجال الحد الأقصى لمستوى التوقعات. اختيار نقاط القيـاس (الموقـع وعدد النقاط) تتم وفقا للتوصيات الدولية للإشعاعات غير المؤينه. وعلى أساسـها تجهيز البيانات المقاسة والتقرير النهائي.

5 – 2 خواص الموقع

تستخدم الطرق الثلاثة التالية لتقيم التعرض في موقع الهوائي.

الطريقة الأولى رصد المجال Field monitor:

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون مستويات شدة المجال الكهربائي غير معروفة أو كانت معروفة ولكن لم يتم التأكد بان بعض خواص الموقع قد تغير أم لا هذا يعني أنه لا حاجة إلى إجراء الحسابات قبل دخول الموقع. ينبغي أن يستخدم الرصـد الميداني بواسطة الأجهزة الحرارية لقياس خواص الموجات الكهرومغناطيـسية .

ويمكن أيضا أن تستخدم هذه الطريقة إذا كانت شدة المجال معروفة ولكن حدود المسافة لم تحدد بعد لغرض تقييم التعرض. خيارات المعدات المستخدمة لهذا الغرض ينبغي أن تعتمد على أساليب تقييم التعرض والترددات المستخدمة وهذا قد يعني استخدام نوعين أو أكثر من الأجهزة . هذا الأسلوب لا يمكن استخدامه إذا كان التردد غير معروف ويقسم رصد المجال إلى ثلاثة أنواع:

1 - المراقبة الشخصية Personal monitors

المراقبة الشخصية توفر وسيلة مستمرة لرصد مجال الترددات اللاسلكية التي يتعرض لها الشخص و توفر تغطية لمدى واسع من الترددات. ويمكن استخدام أكثر من جهاز واحد لتغطية جميع الترددات في المواقع المتعددة الاستخدام مثل الموجات المايكروية في الاتصالات الاعتيادية ، الهاتف الجوال ، وبث الترددات العالية جدا UHF والبث التلفازي. المراقبة الشخصية مناسبة بشكل مثالي لمواقع متعددة الاستخدام ، لأنها توفر قياسات تلقائية لمكونات المجال لمدى الترددات المستعملة ، وبالتالي توفير إنذار يقوم على أساس كثافة الطاقة لجميع المجالات. هذا الأسلوب يلغي الحاجة لأية مقاييس أو حسابات معقدة.وتجدر الإشارة إلى أن المراقبة الشخصية قد لا توفر دقة كافية ، نظرا لقربها من الجسم .

بالنسبة للأشخاص الذين يعملوا في مناطق يكون احتمال التعرض لمجالات الترددات الراديوية تتجاوز التوصيات ذات الصلة للهيئة الدولية للإشعاعات غير المؤينه ،فان الرصد الشخصي قد يكون خيارا مناسبا لأنه يتيح الرصد الحقيقي بشكل مستمر لمجالات الترددات الراديوية ، ويمكن للمستخدم التنقل بحرية في مناطق مختلفة تكون فيها شدة المجال غير معروفة ، مع العلم إن الجهاز يوفر تحذيرا قبل أن يتم تجاوز المستوى المرجعي. وعند تلقي ألتحذير يجب على المستخدم أن ينسحب فورا إلى منطقة آمنة.

2 – مراقبة المنطقة Area monitors

يمكن قياس شدة مجال الترددات اللاسلكية باستمرار بواسطة أجهزة مراقبة ثابتة مرتبطة بنظام إنذار.

3 – أجهزة المسح Survey instruments

أجهزة المسح تقيس المكونات الكهربائية أو المغناطيسية للمجالات االكهرومغناطيسية . ويمكن استخدامها لتحديد تسرب الترددات اللاسلكية من الكابلات المغذية وغيرها من المصادر ، وذلك باستخدام المجسات التي يمكنها القياسات في أماكن يصعب الوصول إليها نسبيا.حيث يوضع المجس ويكون المقياس بعيدا عن المجس.

تقييم التعرض Exposure assessment

تقييم التعرض يختلف باختلاف المجال والبعد عن الهوائي :

أ) إذا كانت شدة المجال معروفة ولكن حدود المسافة لم تحسب فان قيم شدة المجال يتم مقارنتها مع التوصيات ذات الصلة. إذا كانت القيم اقل من الحدود العالمية الموصى بها للتعرض تتم مواصلة العمل دون اتخاذ أي احتياطات من التعرض. وعندما تكون القياسات اكبر من الحدود العالمية الموصى بها للتعرض فلا يسمح الدخول إلى المنطقة دون اتخاذ تدابير وقائية

ب) إذا كانت شدة المجال غير معروفة فينبغي ان يكون هناك مبرر للقيام بمسح كامل للترددات اللاسلكية (مثل وجود عدد كبير من الهوائيات أو أن هوائيات البث ذات قدرة عالية). إذا كان الأمر كذلك ، فيتم تنفيذ مسح الترددات اللاسلكية للحصول على معلومات عن شدة المجال .

ت) إذا تبين من الحسابات البسيطة بأن مستويات شدة المجال لا تتجاوز الحدود العالمية الموصى بها ، تتم مواصلة العمل دون اتخاذ أي احتياطات من التعرض.

ث) في الحالات الجدية ، أي أن شدة المجال غير معروفة ولكن المؤشرات توضح بان القيم غير مرتفعة بما يكفي لتبرير إجراء دراسة استقصائية ،فعلى أولئك الذين يعملون في الموقع استخدام أجهزة الشخصية.

ح) على افتراض أن التعرض اكبر من الحدود العالمية الموصى بها ذات الصلة ، فينبغي تحديد مجموعة الترددات في الموقع ؛ تحديد احهزة الرصد الشخصية المناسبة لكل عامل من المحتمل أن يتعرض ؛و العمل على إيقاف العمل عندما تشغيل نظام الإنذار لأي من الأجهزة المستخدمة.

الطريقة الثانية حدود المسافات Limit distances

الشركة المسؤولة عن إي هوائي في الموقع ينبغي أن تـوفر حد المسافة ذات الصلة. المعلومات عن حد المسافة يجب تتوفر في الموقع من خلال العلامات التحذيرية. وإذا لم تكن المعلومات متوفرة في الموقع فيجب الحصول عليها من الشركة المسؤولة عن كل هوائي في الموقع وان تكون ضمن المعايير الدولية أو التوصيات لتقييم المسافات. ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار وجود هوائيات أخرى في المنطقة المجاورة للموقع عند تحديد حدود المسافات. المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه تعطي بعض الصيغ التي يمكن أن تستخدم عند تقييم التعرض لمجالات تحتوي على أكثر من عنصر واحد للتردد.

الطريقة الثالثة تقسيم المنطقة zoning

يستخدم مفهوم تقسيم "المنطقة" لتبسيط التعامل مع المجالات الكهرومغناطيسية وتوضيح احتمال التعرض عند دخول منطقة معينة. تقسيم المناطق يتحقق من خلال مقارنة القيم المقاسة للحدود وتصنيف القيم وفقا لجوانب السلامة التي ينبغي التقيد بها. هذه الفئات المختلفة يتم تعريفها باستخدام مخطط للمنطقة. تعريف منطقة معينة يرتبط بالقدرة الخارجة للإرسال والهوائي. أية تغييرات(تنصيب هوائي جديد ، والتغيرات في القدرة الخارجة) قد يؤثر على فئة المنطقة.هذا الأسلوب يتطلب عددا من القياسات أو الحسابات لتحديد معدل الطاقة الممتصة أو شدة المجال

الكهربائي. معظم العمليات الحسابية لشدة المجال الكهربائي والمغناطيسي ومعدل الطاقة الممتصة تستخدم طريقة التحليل العددي. هذه الحسابات تتطلب النظر بعدد من العوامل (مثل الطاقة المنبعثة ، المسافة المقاسة ، المسافة بين الهوائيات ، الارتفاع العمودي للهوائي ...الخ). التحليل العددي يمكن أن يسفر عن نتائج سريعة ودقيقة بدون الحاجة لإجراء قياسات طويلة. ولكن قد تكون هناك حالات تكون فيها أنماط المجال معقدة مما يستوجب إجراء قياسات ميدانية فعلية. لتحديد المناطق المختلفة فمن الممكن استخدام القيم المحسوبة لمعدل الطاقة الممتصة (والمستويات المرجعية لمعدل الطاقة الممتصة) بدلا من حسابات شدة المجال (والمستويات المرجعية المناظرة).

حدود التعرض تكون على نوعين:

- تلك التي تستند إلى متوسط التعرض على الجسم كله (التعرض الكلى للجسم) .
- تلك التي تستند لامتصاص اكبر من الطاقة عندما تتعرض أجزاء من الجسم (التعرض جزئي للجسم). هذه المجموعة يمكن تقسيمها إلى مزيد من الحدود للرأس والعنق والجذع ، والاطراف. لكن المستويات المرجعية لا تميز بين التعرض الكلى للجسم والتعرض الجزئي للجسم. الامتثال للمستويات المرجعية كقيمة قصوى على كامل الجسم يضمن قيود أساسية لتعرض الجسم الكلي والجزئي.

تقسم المنطقة إلى أربعة أصناف :

المنطقة صنف A

هي المنطقة التي تكون عندها قيم التعرض الكلي أو الجزئي لجسم العاملين يتجاوز قيم المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه.

المنطقة صنف B

هي المنطقة تكون التي تكون عندها قيم التعرض الكلي أو الجزئي لجسم العـــاملين لا تتجاوز قيم المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه ،في بعض النقاط والزمن عندما يأخذ المعدل في زمن محدد (مثل قاعــدة الــستة دقائق عن طريق الانتقال المكاني).

إن مصطلح "قاعدة الدقائق الستة عن طريق الانتقال المكاني" تصف الوضع الــذي فيه يكون التعرض لجزء من الجسم كبيرا ولكن لفترة زمنية محدودة. فــإذا كــان الشخص يتحرك في الموقع ، فان المعدل من خلال تطبيق قاعدة الدقائق الــست ، يكون أقل من حدود التعرض الموصى بها للعاملين للجسم باجمعة أو جزا منــة . إذا كان الشخص واقف فان التعرض الجزئي للجسم قد تتجــاوز التوصــيات ذات الصلة للعاملين. إذا كان وجود الشخص في منطقة محدودة لفترة زمنية تقل عــن ست دقائق ، فان معدل الوقت ينبغي أن يتضمن أحكاما تتعلق بمستويات التعرض الفعلية في المناطق المجاورة C وD .

المنطقة صنف C:

هي المنطقة تكون التي تكون عندها كل من قيم التعرض الكلي أو الجزئي لجــسم ألعاملين اقل من أو مساوية لقيم المبادئ التوجيهية للهيئة الدوليــة للوقايــة مــن الإشعاعات غير المؤينه ذات الصلة للعمال والتي تتضمن التعرض الجزئي والكلي الجسم.

المنطقة صنف D:

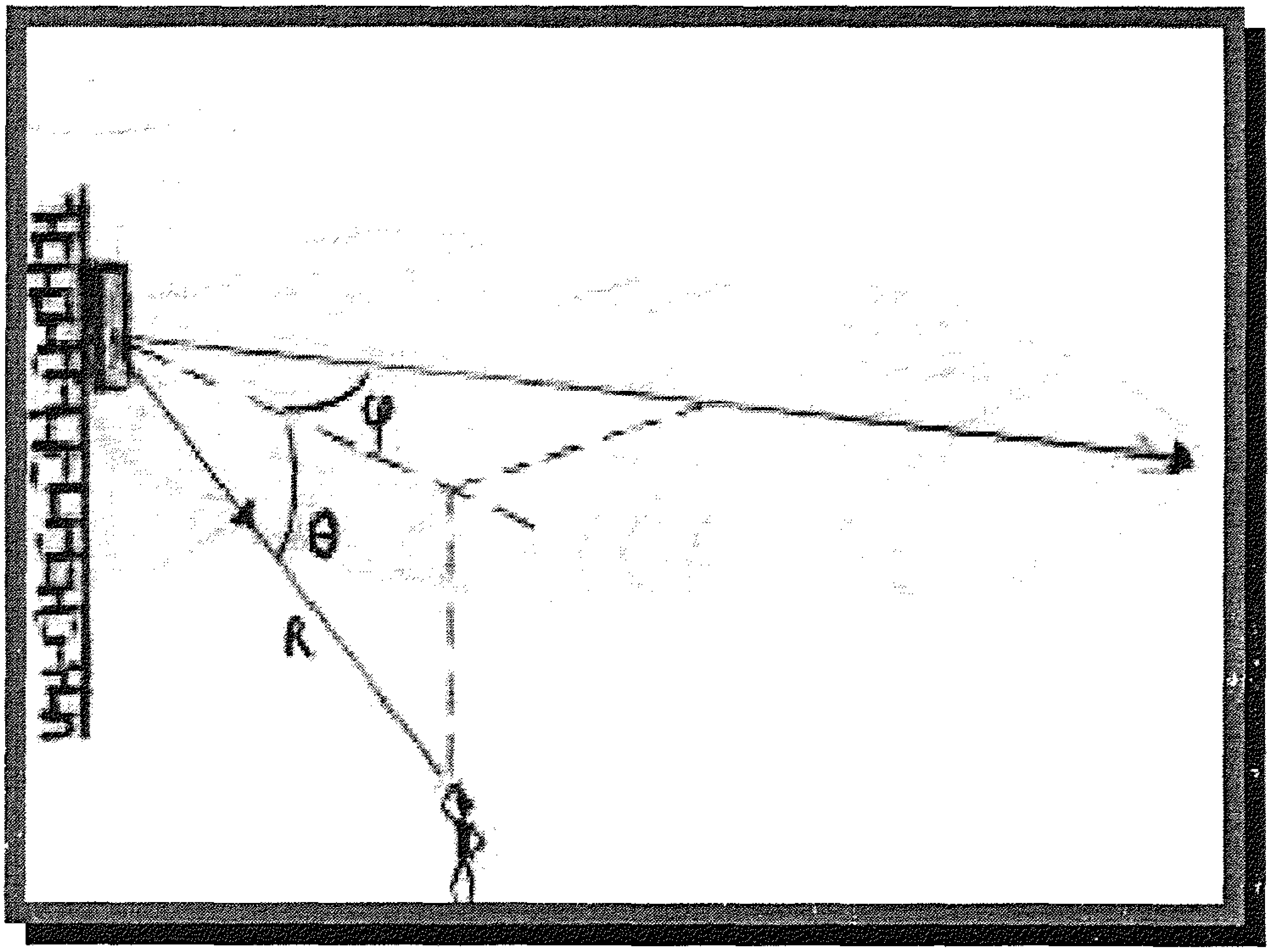
هي المنطقة تكون التي تكون عندها جميع قيم التعرض ضمن قيم التعرض للمبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشــعاعات غيــر المؤينــه ل ذات الــصلة بالجمهور.

5 . 3 – الحسابات النظرية

يمكن أن تحسب كثافة الطاقة power density في ذلك الموقع بدلالة المقادير (R، θ و φ) شكل (5 –1) من العلاقة التالية:

$$S = 0.08 \frac{P}{R^{2}} 10 .G / 10 \quad [W/m^{2}]$$

شكل (5 – 1) تعرض الإنسان الناتج عن المحطات القاعديه للهاتف الجوال ذات المجال البعيد



حيث P هي القدرة المنبعثة من الهوائي (مقاسه بالواط) ، وG هو كسب الهوائي (في ديسي ببل) في اتجاه موقع الشخص نسبة للهوائي.

عندما يكون هناك عدد N من الهوائيات الموجودة في نفس الوقت ، فان مجموع كثافة الطاقة التي تم الحصول عليها هو حاصل جمع كل Si الفردية لكل هوائي في نقطة الاهتمام. وهذه هي أبسط طريقة لتقدير التعرض في المجال البعيد

للمحطات القاعديه ، ولكن النتائج ليست سوى نتائج توجيهية ، نظرا لأنها لا تأخذ في الحساب الظروف الواقعية للتعرض والآثار البيئة. صيغة التنبؤ يمكن تقديرها من متوسط كثافة الطاقة في المجال القريب للمحطات القاعديه أو ذروة كثافة الطاقة.

وقد تبين أن مجموعة العناصر على خط واحد للهوائي (إما أحادي الاتجاه أو قطاعي الاتجاه) يؤدي إلى أن متوسط كثافة الطاقة يصبح اسطوانيا نتيجة إلى الاضمحلال في المنطقة ذات المجال القريب ($d > \lambda$) للهوائي ويكون الاضمحلال كرويا في المجال البعيد. تقنية التحليل تسمح للتحليل المكاني لتوزيع المجال وآليات الإشعاع الدورية و غير الدورية للمصفوفات الخطية في المجال القريب للمحطات القاعديه . تقدم النتائج معلومات مفيدة للغاية عند تقييم مدى الامتثال لحدود السلامة للترددات اللاسلكية وخاصة بالنسبة للتعرض المهني ، حيث أن الإشعاع في المجال القريب يكون ذات خواص أسطوانية بالقرب من المجال القريب والذي يتحول إلى خواص كروية على مسافة من الهوائي القطاعي:

$$\rho_0 = \frac{\phi_3 dB}{6} D_A . L \text{ ---------1}$$

حيث φ_3dB هو نصف القدرة ألأفقي أو عرض الحزمة

D_A الاتجاهيه العريضة للهوائي

L هو ارتفاع الهوائي.

في حالة هوائيات القطاع ، كما في معظم هوائيات المحطات القاعديه ، فان متوسط كثافة ألقدرة في المجال القريب (الاسطواني) ، في حالة المسافة الأفقية من مركز الهوائي تكون العلاقة بين ρ ، وزاوية السمت φ ، هي :

$$S_{\rho}(\rho,\phi) = \frac{W_{rad}.2^{-(\phi/\phi_{3dB})^2}}{2.\phi_{3dB}.\rho.L\sqrt{1+(\frac{\rho}{\rho_0})^2}} \quad \text{--------2}$$

حيث أن :

W_{rad} القدرة الكلية المشعة التي يمكن التعبير عنها على النحو التالي:

$$W_{rad} = eA\ .W_{fwd}$$

eA هو كفاءة الهوائي و W_{fwd} هي القدرة بالاتجاه الأمامي في الهوائي.

ويمكن أن حساب مسافة الامتثال لهوائي المحطات القاعديه على النحو التالي :

$$\rho = \rho(S) \approx \rho_0 \cdot \frac{q}{\sqrt[4]{1+q^2}} \quad \text{---------3}$$

حيث أن

$$q = \frac{3.W_{rad}.2^{-(\phi/\phi_{3dB})^2}}{\phi_{3dB}.L^2.D_A.S} \quad \text{---------4}$$

العلاقات (2) و (3) توفر طريقة بسيطة ودقيقة لحساب مستوى التعرض ومسافة الامتثال للتعرض المهني ، وللمقارنة مع المستويات القصوى المسموحة للتعرض ، حسب,توصيات ICNIR للمستويات المرجعية ، ذروة كثافة الطاقة يتم حسابها بالمقارنة مع القيم المعيارية. في هذه الحالة ، فان ذروة كثافة الطاقة في منطقة المجال القريب للمحطات القاعديه تعطى بالعلاقة التالية :

$$S^{peak}{}_{\rho}(\rho,\phi)=\frac{W_{rad}\,.2^{-(\phi/\phi_{3dB})^2}}{\phi_{3dB}\,.\rho.L\sqrt{1+(2.\frac{\rho}{\rho_0})^2}}$$

و مسافة الامتثال

$$\rho^{peak}=\rho(S^{peak})\approx\rho_0.\frac{2.q}{\sqrt[4]{1+(4q)^2}}$$

حيث أن مقدار q موضح في المعادلة 4 مع ملاحظة استبدال S بالمقدار S^{peak}

5 ـ4 القياسات العملية

عمل معدات قياس الترددات اللاسلكية تستند على متطلبات المبــادئ الارشــادية للهيئة الدولية للإشعاع غير المؤين. الحاجة الرئيسية لمنظومة القياس تعتمد علــى انتقائية التردد ، وذلك بسبب الاعتماد على حدود التردد ، لكي يتسنى تقييم أســوأ حالة للتعرض من مجالات الترددات الراديوية المنبعثة من المحطة القاعديه.

ويجب أن تكون معدات القياس حساسة بما فيه الكفاية ، و أن تسمح بقياس متوسط القيم لزمن أكثر من 6 دقائق ، مع الأخذ بنظر حجم الجسم البشري في المنــاطق المثيرة للاهتمام. من الضروري استخدام الإجراءات التي تسمح لقياسات تكون فيها عدم الدقة في القيم منخفضه وتكرار نتائج القياس جيدة.

المنظومة الحرارية للقياس والتي تستخدم لقياس المجالات الكهرومغناطيسية تتألف من جهاز تحليل الطيف الكهرومغناطيسي مع هوائي ذات خواص متماثلة وتعمل المنظومة ببرنامج يتيح الحصول على البيانات.

في حالة الرصد الميداني لمستوى الموجات االكهرومغناطيــسية EMF تــستخدم أجهزة لقياس القيمة الفورية في الوقت الحقيقي وعلى مدى واسع من التــرددات ،

القيمة المقاسة يمكن بعد ذلك مقارنتها مع المستويات المرجعيـة التـي تحـددها ICNIRP.

يجري تشغيل النظام و السيطرة عليه بواسطة برمجيات خاصة وهو مصمم لإجراء قياسات لشدة المجال الكهربائي ويتم للحصول على ذلك من خلال تحديد الحزمـة وقياسها وهذا يضمن الاستخدام الأمثل والذي يسمح للتقييم وفقا لترددات منفردة ، وانبعاث كلي. بسبب مكونات المنظومة يمكن إجراء قياسات دقيقـة بـسهولة لان المتحسس ثلاثي المحور وله خواص متماثلة لذلك فان القيـاس لا يعتمـد علـى الاتجاه أو استقطاب ألباعث وهذا يجعل القياسات سهلة و لا حاجة لنقل الهـوائي لتغطية جميع الاتجاهات والاستقطاب.

ترتيب القياس يمكن انجازه باختيار الحزمة ذات الاهتمام في البرنامج وخاصة حزمة ،"GSM 900 " و حزمة "GSM 1800". حساب قيم شدة المجال المتجانس الخواص يتم تلقائيا من خلال القياسات في المحاور الثلاثة. والحد من البيانات عن طريق برنامج القياس ممكنا من أجل تقليل كمية بيانات القياس.

من الممكن عرض البيانات لقياسات الانبعاث شدة المجال ، وكثافة القدرة والنسبة المئوية لحدود التعرض التي أوصت بها الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينهICNIRP ،كقيم كلية و إلى حزم التردد إذا لزم الأمر.لتحقيق أفضل دقة في القياس ، فان منظومة القياس ينبغي أن تكون معايرة للمجالات الكهرومغناطيسية . و قيم المعايرة مخزنة في البرمجيات و تحسب نتائجها تلقائيا في القياس.

منظومة قياس المجالات الكهرومغناطيسية TS-EMF يتم تعيرها من الشركة وتخزن قيم المعايرة في البرنامج RFEX وقيم المعايرة يتم احتسابها تلقائيا في نتائج القياس . ولتحقيق أفضل دقة في القياس ،ينبغي إجراء بعض التعيير أثناء القياس وهي:

1 - عامل الهوائي Antenna-factor:

عوامل الهوائي تأخذ من جدول بيانات خواص الهوائي ثلاثي المحور وهذه العوامل تدخل في جدول البرنامج RFEX. عامل الهوائي متاح لكل محور من المحاور الثلاثة.

خسارة الكيبل النمطية تحسب من قبل الشركة المصنعة ويتم نقلها إلى البرنامج RFEX بواسطة جدول تحرير.إذا اقتضى الأمر فان خسارة الكيبل يمكن قياسها بمنظومة مناسبة. الجداول داخل البرنامج RFEX يمكن تحديثها بواسطة النتائج الفعلية. في القياس تكون الخطوة لوغاريتمية وعرضها حوالي 10 ٪.

بعد تنصيب البرنامج RFEX لأول مرة فان قاعدة البيانات لا تحتوي على قيم لعوامل الهوائي.و بعد التنصيب يتم نسخ العوامل الفردية للهوائي من القرص المضغوط RFEX (الدليل "Cal Data Antenna"). وبعد ذلك ينبغي انجاز معايرة العتبة.

2 - الخسارة في كيبل الهوائي Cable-loss .

الخسارة في كيبل الهوائي ثلاثي المحور تكون ضمن مدخلات تحليل الطيف والتي تؤثر على تحليل الطيف والذي يكون جزء من عامل الهوائي لان السلك جزء منه . ولذلك يوجد داخل ألبرنامج RFEX ملف وهمي dummy file يستخدم (صفر دبسي بل) لهذا المسار. وعند وجود تغير أو إضافة (تمديد الكيبل) أي وصل سلك أخر إلى السلك الأصلي والذي يربط إلى المجس ثلاثي المحور ، فان هذا السلك الإضافي يجب أن يضاف إلى عوامل الهوائي في البرنامج.

عوامل الهوائي ذي الثلاثة محاور تحسب من قبل الشركة المصنعة ويتم نقلها إلى البرنامج RFEX بواسطة جدول تحرير. عوامل الهوائي يتم تخزينها في الدليل... \RFEX\Data\Antennas..وتشمل الفقدان في الكيبل المحوري التي هي جزء من الهوائي الثلاثي.

المسألة الأخرى الحاسمة والحساسة فيما يتعلق بإعداد محلل الطيف. فإنه من الأهمية بمكان تصحيح فصل عرض الحزمة لغرض قياس معدل المرور (S_R)، شدة المجال ،أو كثافة الطاقة. قياس الحزمه يحدد مسبقا من خلال برنامج حاسوبي (في نظام GSM). هذا يضمن الاستخدام الأمثل والذي يسمح بالتقييم وفقا لتردد منفرد بالإضافة إلى الانبعاث الإجمالي. ولان الهوائي يقيس بإبعاد ثلاثيه ذات خواص متماثلة، والقياسات لا تعتمد على الاتجاه أو استقطاب ألانبعاث وهذا يسهل القياسات. على النقيض فان الهوائيات المتجهة لم تعد ضرورية لنقل الهوائي لتغطية جميع الاتجاهات والاستقطاب.طريقة قياس متوسط الزمن مع تقيم عدم الدقة يمكن أن تنجز على نقطة واحدة وحيدة في مجال الاهتمام.

5 – 5 طرق القياس:

أ) القياس المنفرد Single Measurement :

هذا القياس يستخدم في الغالب للحصول على فكرة سريعة أو لإظهار القيم الفعليـــة كأساس للمناقشة. عند اختيار القياس المنفرد يتم اختيار كل حزم التردد وقياسها و تعرض النتائج.في أعلى التقرير يتم عرض مجموع قيم كل حزمة والمجموع الكلي للحزم هذا يتيح المقارنة السهلة بين النتائج. بعد ذلك تعرض النتائج التفصيلية بين 80 ميجاهرتز و 2.5 جيجاهرتز. هذا يضمن بان جميع التـــرددات المنبعثـــة ذات الصلة قد تم عرضها وقياس شدة مجالها الكهربائي.

(ب) قياس المتوسط Average Measurement :

عدة معايير تتطلب قياس زمن المتوسط (معدل 6 دقائق) تتم هذه القياسات عندما يكون الهوائي ثلاثي المحاور مهيأ لقياس الذروة/ المتوسط واختيار متوسط الوقت المناسب .

(ت) القياس على المدى الطويل Long term Measurement :

يستخدم هذا الأسلوب من القياس لتقييم التغيير في شدة المجال بمرور الزمن والذي يعتمد على قياس قيم زمن البدء والتوقف والذي يمكن أن يستمر من عدة دقائق إلى عدة أشهر. ويختار القياس على المدى الطويل في القياسات الروتينية فبالإضـــافة إلى الحزم ينبغي تعيين زمن البدء والتوقف، بالإضافة إلى ذلك يتم كـــذلك تحديـــد الزمن الكلي. ولكل مدي يتم تخزين الذروة ، المتوسط ، والحـــد الأقـــصى لكـــل حزمة. وبالرغم من الاختزال في البيانات فان تفسير المعلومات ممكنـــا ، حتـــى خلال القياس في الزمن الطويل. خلال فترة لقياس الطويلة ينبغي الحرص على أن محلل الطيف FSH3 والكمبيوتر الجوال ينبغي تشغيلها في بيئة جافة. يوصى دائما بربط الهوائي ثلاثي المحور إلى كيبل إضافي لكي يسمح لوضع محلل الطيـــف والكمبيوتر داخل السيارة مثلا. ولقياس المجال لمحطـــات ثابتـــة فتوجـــد فـــي المنظومة خيارات إضافية مثل للتحكم عن بعد ونقل البيانات إلى شاشة طرفية.

ث - القياس الكلي (المسح) Scanning Measurement

تستخدم هذه الطريقة للبحث عن أقصى شده للمجال في منطقة معينة. وفي البدء يتم قياس الخلفية للمجالات في تلك المنطقة لان ألانعكاسات في شدة المجال يؤدي إلى اختلاف التوزيع المكاني للمجالات. ولقياس الحد الأقصى للمجال نحرك ألهـــوائي الجوال ببطء في المنطقة ذات الاهتمام. هذا الأسلوب مفضل لإجراء قياسات فـــي الأماكن المغلقة ، ولكن يمكن أن يستخدم أيضا في المناطق المفتوحة. للقياس فـــي منطقة معينة يتوقع أن يكون المجال الكهربائي في قيمته العظمى (قريبـــا مـــن المرسل) يتم اختيار قياس الذروة أو المتوسط ثم تحدد الحزمة ذات الصلة. ويفضل قياس دورة واحدة مداها على الأقل دقيقة واحدة، خلال هذا الوقت ، تكرر حزمـــة القياسات المحددة بشكل مستمر. ولأن أي قياس يتم تنفيذه على ثلاثة محاور وبشكل متتالي ، فينبغي توخي الحذر خلال القياس المتنقل حيث أن القياسات الفردية تـــتم بأسرع وقت ممكن، وهذا يضمن تماثل أفضل للقياس. ولذلك فإن البرنامج RFEX

يجب أن يصمم للحصول على الحد الأدنى لزمن البقـاء dwell time (عامـل قياس الحزمة = 0).

يتم تحديد الزمن المطلوب لإجراء عملية المسح وعندها يتم البدء بالقياس ونقـل هوائي المنظومة ببطء فوق المنطقة بحيث يكون بعيدا عن الجـسم ولا ينبغـي أن يقف الشخص بين الباعث و هوائي المنظومة. في حالة الانتهاء من المـسح قبـل الوقت المحدد للقياس يتم إيقاف المسح.

خلال زمن المسح يتم اختيار زمن البقاء بأقل قيمة ممكنة . وينبغي أن يتم اختيار حزمة واحدة فقط لتقليل وقت القياس. حتى و لو كان زمن القياس المطبق قصير فان هوائي المنظومة ينبغي تحريكه ببطء فوق المنطقة ، لكي يتم القياس بالإبعـاد الثلاثة المحاور على التوالي.

عند القياس ضمن ترددات تقل عن 200 ميجاهرتز ، فان طريقة المسح تـستخدم لإعطاء قياسات عامة غير دقيقة. في هذه الترددات ، يؤثر وجود الشخص الـذي يقيس على القياسات االكهرومغناطيسية المحلية إلى درجة بحيث أن الاختلافـات بعدد من الديسي ببل لأخذ القياسات بهوائي ثابت لا يكون امرأ شائعا.

قياسات ألمعدل و الذروة تحقق أفضل دقة للقياس لان منظومة قيـاس المجـالات الكهرومغناطيسية لديها معايرة فردية , قيم المعايرة تخزن في البرنامج تلقائيا ويتم احتساب نتائج القياس. لزيادة حساسية المنظومة ، فان تطبيق عتبة المعايرة يمكن استخدامه في جميع القياسات. في حالة نظام GSM900 يتم تحديد الحزمة مسبقا بحيث أن قدرة التحليل لعرض الحزمة يساوي 200 كيلو هرتز ويوضع المتتبـع عند القيمة العظمى و يكون زمن القياس 5000 مللي ثانية وفي حالة قياس معـدل القيم فان زمن القياس يكون 6 دقائق.وفي حالة نظام GSM1800 فـان قـدرة التحليل لعرض الحزمة يساوي 200 كيلو هرتز ، وزمن القيـاس 10000 مللـي ثانية. تظهر جميع القياسات بشكل آلي باستخدام برامج خاصة . ولا يـتم تغييـر المسافة عن المصدر فقط وإنما يتم قياس ارتفاع الهوائي .

ج - القياسات في نقاط مختلفة Measurements at different points:

بهذه الطريقة يمكن اجراء القياسات في أماكن مختلفة وعلى مسافات متساوية من الهوائي ثلاثي المحور. ويمكن تقييم النتائج وفقا لأعظم قيمة أو متوسط القيم فعند القياسات خارج المبنى على ثلاثة ارتفاعات مختلفة (1m، 1.5m، 2m) وتقييمها وفقا إلى أعظم حد فان النتائج تكون مماثلة إلى طريقة القياس الكلي (المسح) . وميزة هذه القياسات هو قياس مجموعة من الحزم في وقت واحد.

ح - قياس توزيع شدة المجال Measurement of Field Strength Distribution

في هذه الطريقة يتم إجراء قياسات متتالية تلقائية لتوزيع شدة المجال عند الانتقال من نقطة إلى أخرى. نوع القياس هو قياس طويل الأجل ثم تكامله من الزمن الصفري . وهذا يعني ، أن كل قياس منفرد يتم خزنة بزمنه المحدد. ينبغي إجراء احتياطات مماثلة لتلك التي تأخذ عند قياس ألمسح.

5 – 6 أنواع أجهزة القياس

هناك عدة نماذج مختلفة موجودة في الأسواق ويمكن تصنيفها إلى نوعين مختلفين وهي الأجهزة التي توضع على الجسم والأجهزة الحرارية باليد. شكل (5 –2)
تمتاز أجهزة الرصد التي توضع على الجسم بقدرتها على الرصد المستمر .جسم الإنسان قد من يكون كعائق لاستلام الموجات من المرسل في اتجاه معين ، لهذا السبب فان الرصد المناسب يكون بدون عائق بين الهوائي وجهاز الرصد . في بعض الأحيان قد يكون من الضروري الدوران للحصول على القراءات المناسبة.
إما الأجهزة الحرارية باليد فيمكنها القياس بدون وجود عائق الجسم . دقة القياس للأجهزة الحرارية أفضل في العادة من أجهزة الرصد التي توضع على الجسم وعادة ما تعطي القيم العددية لمستوى الموجات الكهرومغناطيسية EMF. معظم الأجهزة الحرارية باليد لها تحذير مسموعة / أو اهتزاز التي يمكن أن تعير على الحدود المسموحة بحيث تطلق التحذير عند تجاوزها حدود التعرض. استخدام أجهزة الرصد الميداني يضمن الامتثال لحدود التعرض EMF ، ويجب أن تغطي

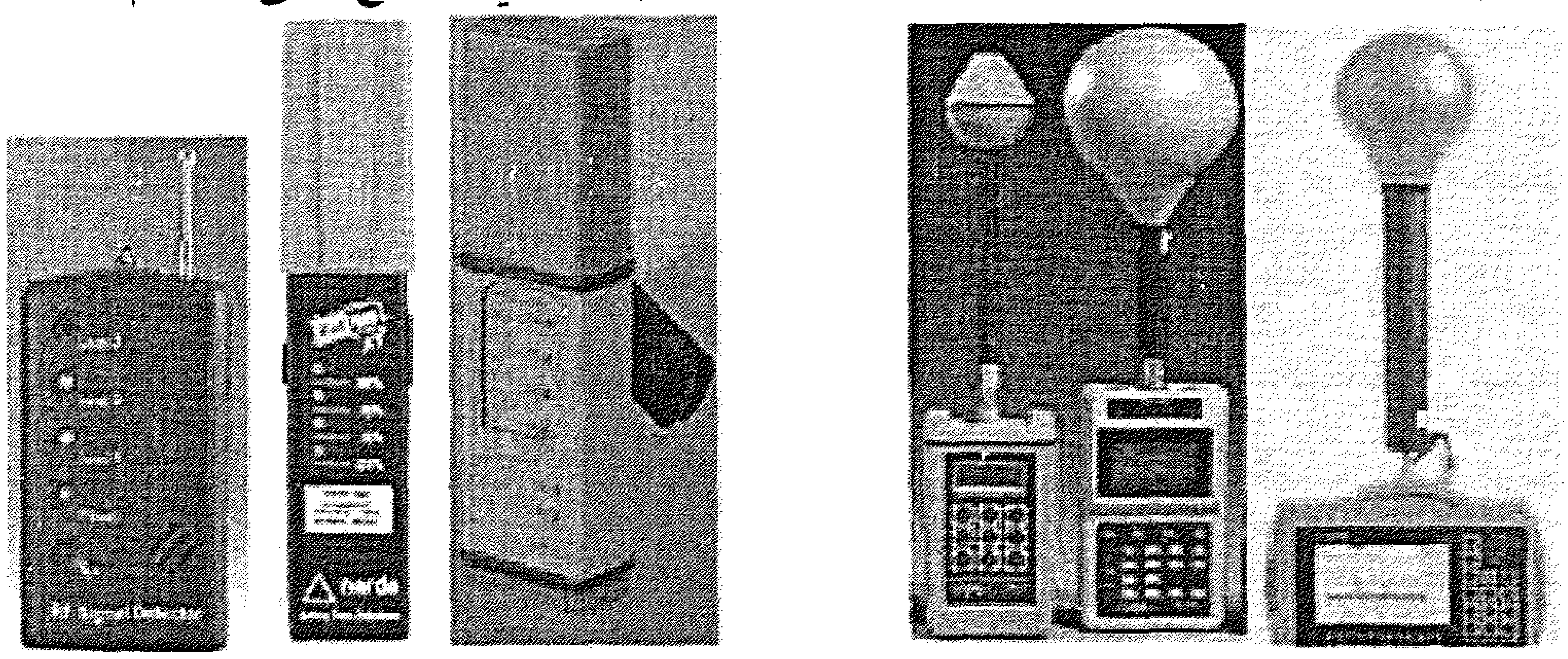
مدى الترددات للموجات المستخدمة في البلد و يدرب العاملين لاستخدامها علـــى النحو الموصى به من قبل المصنع.

يمكن لهذه الأجهزة قياس عناصر المجال بالإحداثيات الثلاثة المتعامدة في نقطـــة قياس يتم عندها اخذ المجموع الهندسي للمجال. في هذه الحالة ، تكون النتيجة غير معتمدة عن اتجاه الموجة الساقطة المستقطبة.

أكثر الأجهزة شيوعا لقياس المجال الكهربائي للموجات االكهرومغناطيسية وكثافة القدرة هو الجهاز الجوال نوع TS- EMF من شركة(Rohde and Schwarz) لقياس المجال الكهربائي وكثافة القدرة من المحطة الارضيه للهاتف الجوال.

شكل (5 –2) أنواع أجهزة قياس الموجات االكهرومغناطيسية

الأجهزة الحرارية باليد **الأجهزة التي توضع على الجسم**



نظرا لتصميمها المضغوط ،يمكن استخدامها كأجهزة ثابتة أو محمولة و هو يتألف من العناصر التالية :

- مجس(الهوائي) الكاشف بالمحاور الثلاث ، له خواص متماثلة في المحاور الثلاث ، بحيث يستخدم لقياسات دقيقة للمجال الكهربائي و يكـــون القيـــاس

مستقلا عن اتجاه الاستقطاب أو لانبعاث لذلك فليس ضروريا نقل الهوائي ليشمل جميع الاتجاهات والاستقطاب ، على عكس الهوائيات الاتجاهيه.

- جهاز محلل الطيف FSH3 يقوم بتحليل مدى واسع من الطيف الكهرومغناطيسي وباختبار الموجات المستلمة وتحليل الموجات الاسلكية
- البرمجيات نوع RFEX، والتي تم تحميله على كمبيوتر محمول. كما مبين في ألشكل 5 - 3.

يعمل الجهاز على مدى واسع من الترددات يتراوح بين 300 كيلو هرتز إلى 3 جيجا هرتز تغطي جميع الترددات الراديوية للهاتف الجوال نوع (GSM, CDMA and UMTS)، بلوتوث(Bluetooth™), البث الإذاعي والبث التلفازي والشبكة المحلية اللاسلكية ، جهاز القياس مصمم لقياسات المجال الكهرومغناطيسي على المدى القصير والطويل .

الشكل 5 - 3. جهاز TS –EMF



مجس الكاشف (الهوائي) بالمحاور الثلاث يوفر قياسات سريعة لإعطاء فكرة من المجال الكهرومغناطيسي وكذلك قياسات لنقاط متعددة توضح متوسط ذروة القيم كدالة للزمن وكذلك قياسات متوسط القيمة المكانية والذروة على المدى الطويل لقياس . تحتوي المنظومة على إشارة تحذير ضوئية وصوتية تفعل عندما تصبح القياسات في قيمها القصوى .يمكن استخدام هوائيات أخرى بديلا من الهوائي ثلاثي المحور . من اجل الحصول على قياسات مفيدة فمن المستحسن عدم استخدام المنظومة خارج البناية عند تساقط المطر.الهوائي ثلاثي المحور قادرا على تحمل المطر ، ولكن المكونات الأخرى، وخصوصا الكابلات والتوصيلات ينبغي أن تكون محمية من الرطوبة قدر الإمكان.أما محلل الطيف FSH3 والحاسب الجوال فيجب أن تعمل في بيئة جافة.الحد الأقصى لشدة المجال إلتى يمكن قياسها تساوي 100 فولت /متر ومع ذلك لا يجوز تعريض محلل الطيف والكمبيوتر الجوال إلى مجال شدته أكثر من 10 فولت /متر. عندما يتم تعرض المنظومة لمجال شدته أكثر من 10 فولت /متر كما يحصل في حالة القياس على مقربة من هوائي ذات قدرة عالية فان محلل الطيف يجب وضعه في علبة محمية أو أن القياس ينبغي يتم باستخدام كيبل إضافي لنبتعد عن الهوائي.

ويوضح الجدول (5 -1) مواصفات المجس.

المجس ذات المحور الثلاثي هو أداة قياس حساسة ، وبالتالي فإنه ينبغي التعامل معه بحذر. فلا ينبغي سقوط المجس وينبغي وضعة في الحقيبة بعد كل استعمال. استخدام المجس على مقربة من هوائيات إلارسال قد يسبب قياسات غير صحيحة بسبب التشكيل البيني او الحمل الزائد.

الجدول (5 - 1) مواصفات المجس

الكمية	المقدار
التردد	للترددات من 80 ميجا هرتز إلى 2.5 جيجا هرتز
مدى القياس لشدة المجال الكهربائي	من 1mV/m الى 100 V/m
مدى القياس لدرجات الحرارة	من - 10° °C إلى 50 °C
الرطوبة	85%
التيار المستهلك	أقصى تيار يصل الى 500 mA

ا قبل البدء في القياس في بيئة غير معروفة ينبغي القيام بقياس سريع لإعطاء نظرة عامة للقيم العالية المرجعية ومستوى مدخلات التوهين.

لمجس ذات المحور الثلاثي يربط مع كبيلي توصيل احدهما كابل متحد المحور للترددات اللاسلكية RF مع موصل نوع N موصول إلى مدخلات الترددات اللاسلكية لتحليل الطيف. والأخر كابل ألسيطرة مع 9 رؤوس pin والمفتاح الفرعي- D يربط مع الصندوق المحول USB. هذا المحول يتمكن من فتح المحاور الثلاثة X, Y, و Z للمجس.

يربط محلل الطيف إلى كيبل الموائمة interface cable والذي يستخدم لربط محلل الطيف إلى COM للكمبيوتر. البرنامج RFEX يستخدم عادة 115200 بايت / ثانية للتحكم عن بعد.

أما محلل الطيف فيتم التحكم بة عن طريق GPIB بواسطة بطاقة موائمة نوع (PCI-GPIB) لأجهزة الكمبيوتر المكتبية أو PCMCIA – GPIB للكمبيوتر الجوال).

محلل الطيف الجوال مصمم لقياسات الهاتف الجوال ,القياس في داخل البنايـــات وخارجها ومقارنة النتائج بالقيم المعيارية,و المقارنة بين عدة محطات. يستخدم البرنامج RFEX لتحليل الإشارة الدخلة وبثلاث أنواع وهي القياسات المنفـــردة (بمعدل 2 دقيقة), ومعدل ذروة الإشارة (بمعدل 6 دقيقة),والقياس على المدى الطويل (تحديد الزمن في تغيرات في الإشارة) . يتصل المجس مع محلل الطيف والكمبيوتر الجوال الذي يضبط على 6 دقائق

قياس المجالات الكهربائية و كثافة القدرة بواســطة المكتبــة المركزيــة للجهــاز للإشارات نوع GSM 1800 تظهر كما في الشكل 5 - 4. و الشكل 5 - 5 ومن هذه القياسات والخوص العازلية ألكهربائيـــة الموضـــحة فـــي الجـــدول (5 -2) و استخدم المعادلة (2)يمكن تقدير وحساب معدل الامتصاص النوعي(SAR) في الدماغ وتقارن مع القيم المقاسة في الشكل 5 - 6 .

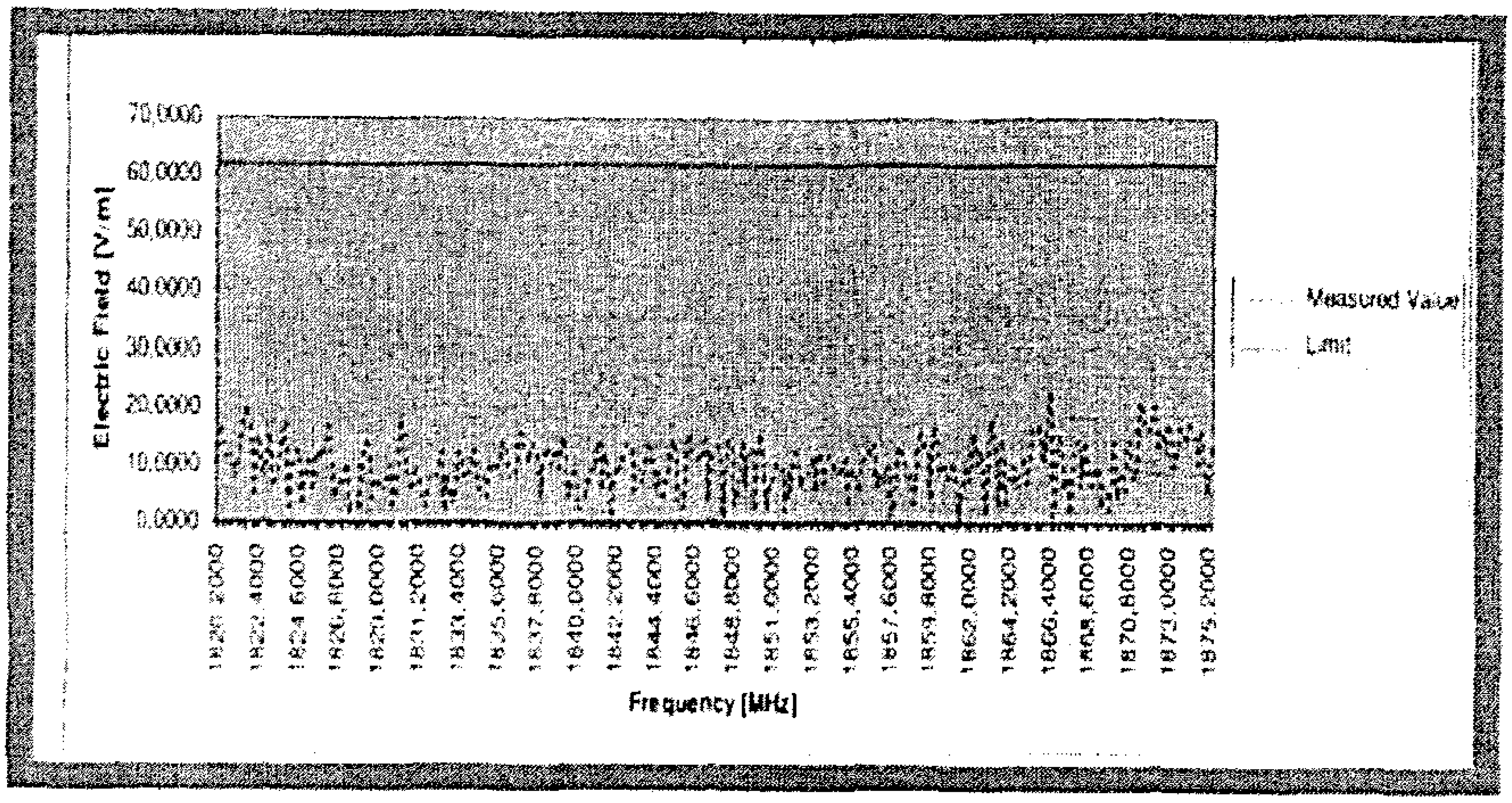
معدل الامتصاص النوعي هو مقياس الحرارة التي تمتصها الأنسجة. وتوصف بأنها انتقال الطاقة من المجالات الكهربائية والمغناطيسية إلى الجسيمات المشحونة في الوسط الماص. أو تعرف عند نقطة في الوسط الماص بأنها معدل ألتغيير في الطاقة المنقولة إلى الجسيمات المشحونة في حجم متناهي الصغر في تلك النقطة ، مقسومة على كتلة من ذلك الحجم المتناهي في الصغر.

$$SAR = \frac{\partial W_C / \partial t}{\rho_m}$$

حيث ان:

ρ_m الحجم المتناهي في الصغر في تلك النقطة .

شكل (5 - 4) شدة المجال الكهربائي كدالة للتردد (GSM 1800)



علاقة المجال الكهربائي معدل الامتصاص النوعي SAR تعطى بالعلاقة التالية

$$SAR = \frac{P}{\rho_m} = \sigma E^2 / \rho_m$$

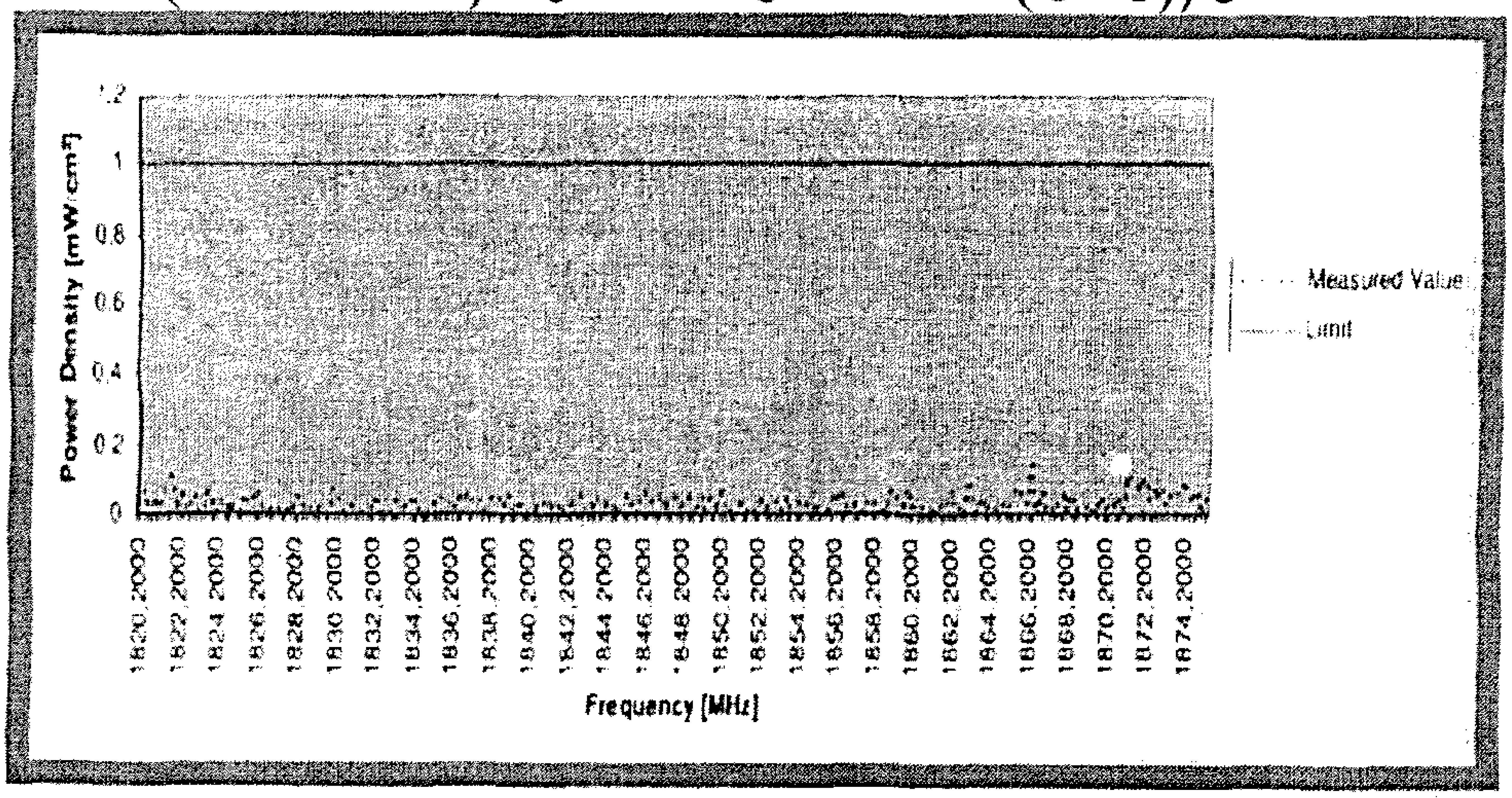
$$SAR = \omega \varepsilon_0 \varepsilon E^2 / \rho_m$$

حيث أن P هو كثافة الطاقة الممتصة

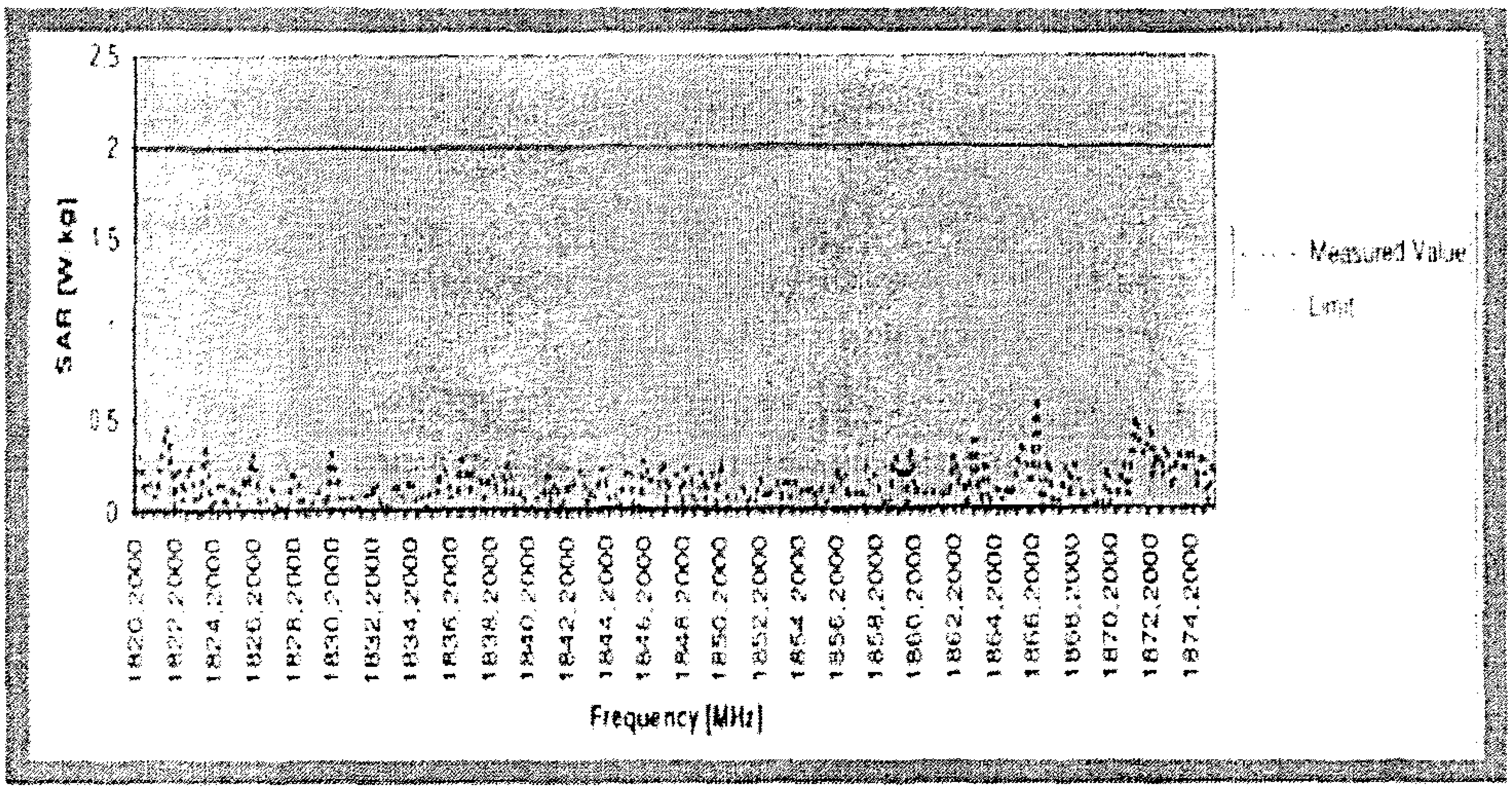
σ هو الموصلية

ε السماحية

شكل ((5 - 5) كثافة القدرة كدالة للتردد (GSM 1800)



شكل ((5 - 6)   SAR كدالة للتردد (GSM 1800)



فإذا علمت شدة المجال الكهربائي والموصلية عند نقطة داخل الجسم ، مثل الدماغ ،فان معدل الامتصاص النوعي عند هذه النقطة يمكن حسابه بسهولة. جميع معلومات عن العازلة وألسماحية للدماغ موضحة في الجدول (5 -2).

الجدول (5 -2) الخواص الكهربائية لدماغ الإنسان

كتلة وحدة الحجم ρ_m كغم/م^3	الموصلية σ /Ωm	السماحية ε	التردد ميجا هرتز
1030	0.7665	45.8055	900
1030	1.1531	43.5449	1800

لزيادة حساسية منظومة القياس لمجالات الكهرومغناطيسية ، فان وظيفة عتبة المعايرة يمكن إدخالها في البرنامج ، وتطبيقها في جميع القياسات.في حالة حزمة GSM900يتم اختيار قدرة الفصل لعرض الحزمة 100 كيلو هرتز وطريقة التتبع تكون في قيمتها العظمى. وزمن البقاء (dwell time) يساوي5000 مللي ثانية وفي حالة متوسط القيم فان فترة القياس من 6 دقائق. المستوى المرجعي يثبت

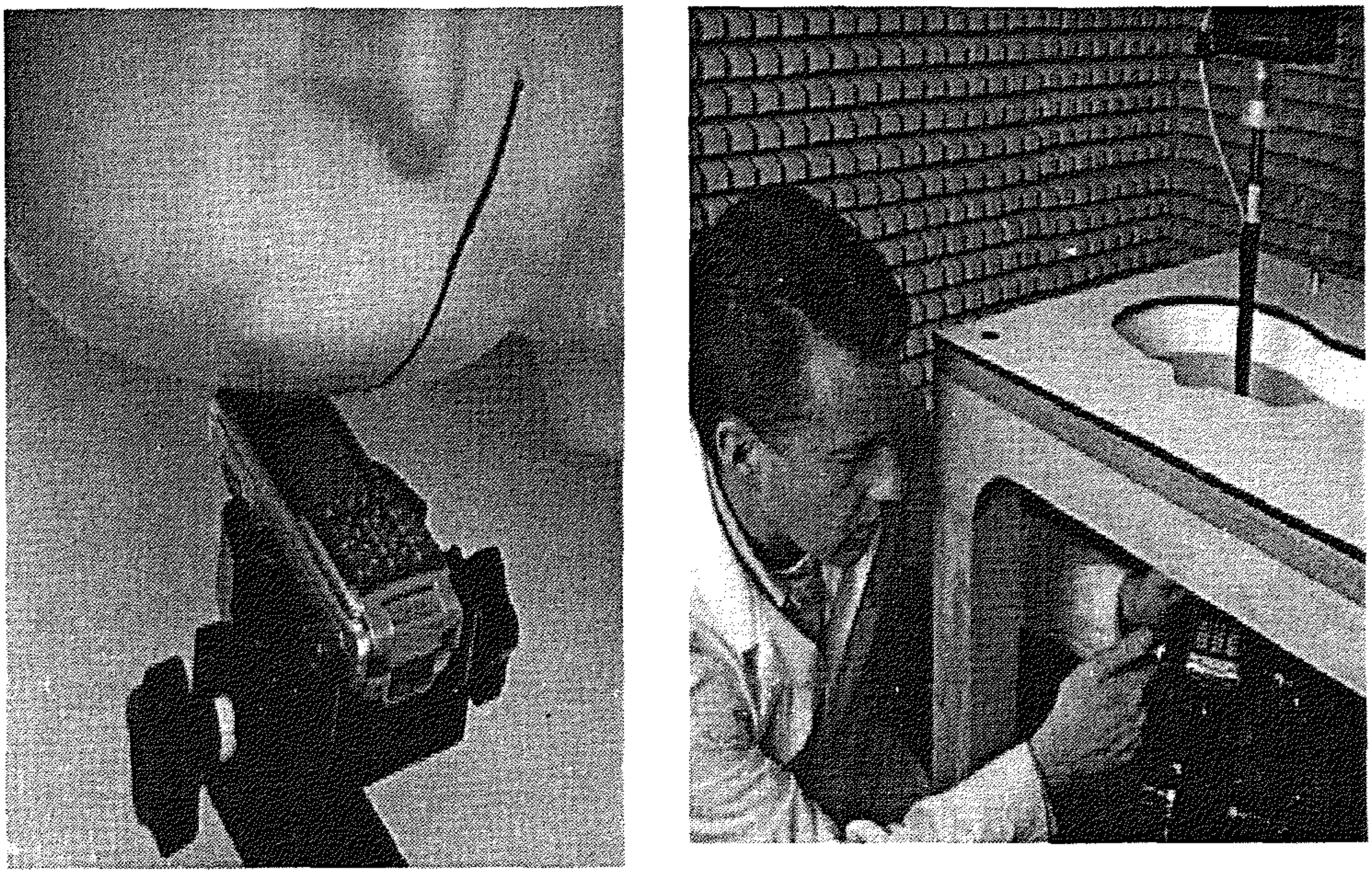
على المقدار 91 dBμV وعتبة المعايرة يثبت على المقدار 71 dBμV / m لحزمة GSM1800 ، وقدرة الفصل لعرض الحزمة هو 200 كيلو هرتز وزمن البقاء 10000 مللي ثانية. المستوى المرجعي يثبت على المقدار 100 dBμV وعتبة المعايرة يثبت على المقدار 96 dBμV / m

بعد القياس يتم تحويل النتائج مباشرة لعرضها بنظام اكسل Excel بشكل جداول ورسوم بيانية. كما يمكن القيام بهذا التحويل في وقت لاحق باستخدام قائمة التصدير menu export ، لاسترداد نتائج القياس إلى تطبيقات أخرى ويمكن خزن البيانات في ملفات ASCII. للحصول على تقرير ألاختبار فمن المستحسن تنصيب نوع من ألالإكسل MS-Excel على كمبيوتر محمول. في حالة التصدير غير التلقائي إلى الإكسل Excel XP والذي يسند من قبل RFEX يمكن فتح التقرير يدويا بواسطة دليل التقارير RFEX .

قياس معدل الامتصاص النوعي SAR عمليا

لقياس معدل الامتصاص النوعي SAR يتم وضع الهاتف النقال قريبا من نموذج لرأس الإنسان. يملا نموذج الرأس بسائل له خواص كهربائية مشابهة لرئس الإنسان. بواسطة ربوت يسيطر علية من خلال كمبيوتر يتم قياس المجال الكهربائي في السائل شكل (5 - 7) من هذه القياسات يمكن حساب معدل الامتصاص النوعي. كذلك يمكن قياس معدل الامتصاص النوعي أيضا بوضع الهاتف بالقرب من نموذج الجسم ، والسماع من خلال سماعة بحيث أن الهاتف يكون بعيدا عن الجسم كوضعه في مع حقيبة أو ما شابه ذلك. قياسات SAR يتم إجرائها عند المستوى الأقصى للقدرة الخارجة ، لعدد من المواقع ، و لجميع نطاقات التردد التي يعمل بها ألهاتف . القيمة القصوى لمعدل الطاقة الممتصة التي يتم الحصول عليها من جميع هذه القياسات يجب أن تكون ضمن حدود الامتثال. الاختبارات الكاملة للهاتف الجوال قد تستغرق فترة تصل إلى ثلاثة أسابيع.

شكل ((5 - 7) قياس معدل الامتصاص النوعي SAR عمليا



الفصل السادس

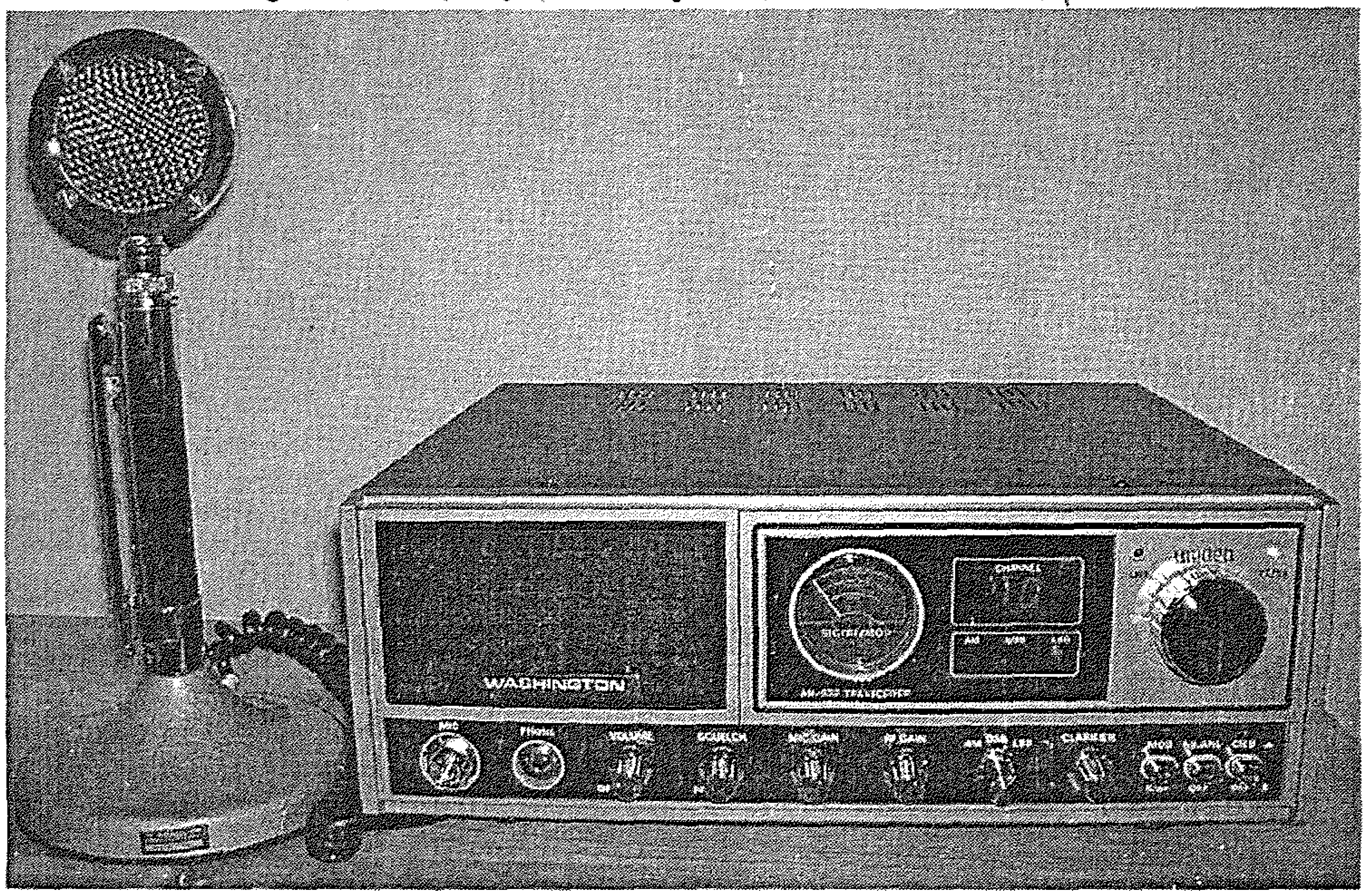
أجيال الهاتف الجوال

1-6 المقدمه

أخترع العالم جراهام بل التلفون العادي عام 1867، وبعد ذلك تطورت الاتصالات اللاسلكية نتيجة لاختراع وتطور أجهزة الراديو الذي اخترعه العالم نيكولاي تسلا في 1894. ومن الجدير بالذكر أنه من الطبيعي أن تتحد وتندمج فكـرة الهـاتف والراديو معا. وقبل اختراع الجوال تم استخدام أجهزة الاتصال اللاسـلكي . فقـد استخدم سواق السيارات تلفونات الراديو وفي هذه الأنظمة توجد محطـة إرسـال واحدة مركزية وعدد محدود من القنوات يصل في بعضها الى 25 قناة اتصال اي يوجد فقط 25 شخص يمكنهم استخدام تلفونات الراديو والتي تغطي مسافة تصل 100إلى كيلو متر. الخدمة الإذاعية للمواطنين CB نشأت في الولايات المتحـدة كواحدة من بين العديد من الخدمات الشخـصية الإذاعيـة التـي تنظمهـا لجنـة الاتصالات الاتحادية FCC . هذه الخـدمات بـدأ ت فـي عـام 1945 للـسماح للمواطنين للاتصال الشخصي لاسلكيا من خلال استخدام حزم الترددات الراديويـة في استخدامات شتى منها الاتصالات الأسرية والأعمال التجارية الفرديـة شـكل (6 – 1). في البداية ، اشتغلت CB على حزمة ترددية فوق العالية تتراوح بين 460 - 470 ميجاهرتز. هناك نوعان من CB هما A و B الدرجة B أجهـزة راديوية لها أبسط المتطلبات التقنية التي تقتصر علـى مجموعـة صـغيرة مـن الترددات. وبدأت شركة راديو CB باستعمال الهوكي توكي walkie-talkie في أواخر الأربعينيات على الصنف B للاتصالات الحرارية لعامة الناس. ألتكنولوجيا المتاحة في ذلك الوقت لم تكن متقدمة بما يكفي لاستخدام الترددات الراديوية فوق العالية الاسلكية UFH لكي تكون عملية ومعقولة التكلفة بالنسبة للمستهلك العادي. وهكذا ، في عام 1958، تم افتتاح الأصناف الخدمية CB بتردد 27 ميجـاهرتز. لم يكن هناك سوى 23 في ذلك الوقت أخذت منها قناة 22 للاستعمال لمجموعـة من الهواة باستخدام الحزمة 11 مترا ، في حين كانت القناة رقم 23 مشتركة مع ألأجهزة التي تسيطر على الراديو. معظم ترددات النطاق التي تتـراوح بـين

460- 470 ميجاهرتز تم تخصيصها لرجال الأعمال والمكلفين بالمحافظة علـى السلامة العامة . جهاز الاستقبال وألارسال الجوال walkie-talkie شكل(6- 2) تبث وتستقبل في اتجاهين وهي تحمل باليد وقد تم تطويره خلال الحرب العالميـة الثانية في شركة موتورولا. وقد أنشئت مخططات مماثلة لغيرهـا مـن القـوات المسلحة ، وبعد الحرب انتشر استخدام هذه الأجهزة في إعمال السلامة العامـة والإعمال التجارية.

الشكل (6 - 1) محطة نموذجية أرضية في الثمانينيات تستخدم الراديو باتجاهين ويمكن أن تستخدم بشكل متنقل حيث أنها تعمل بفولطية 13.8 فولط



الخصائص الرئيسية لها هو انها تبث في وقت واحد ، و أي عدد يمكنة الاستماع. الأجهزة النموذجية الاسلكية يشبه الهاتف النقال ، وهي أكبر قليلا لكنها ما زالـت وحدة واحدة ، مع هوائي في الأعلى . سماعة الأذن للهاتف ذات قـدرة صـوتية يمكن سمعها من قبل المستخدم والاحرين الموجودة في المنطقة المجاورة الجهـاز

الجوال باليد يمكن استخدامها كأجهزة إرسال واتصال بين شخصين ، أو شخص مركبة تقع ضمن منطقة البث للمحطات الارضيه.

شكل (6 -2) جهاز الاستقبال وألارسال الجوال walkie-talkie



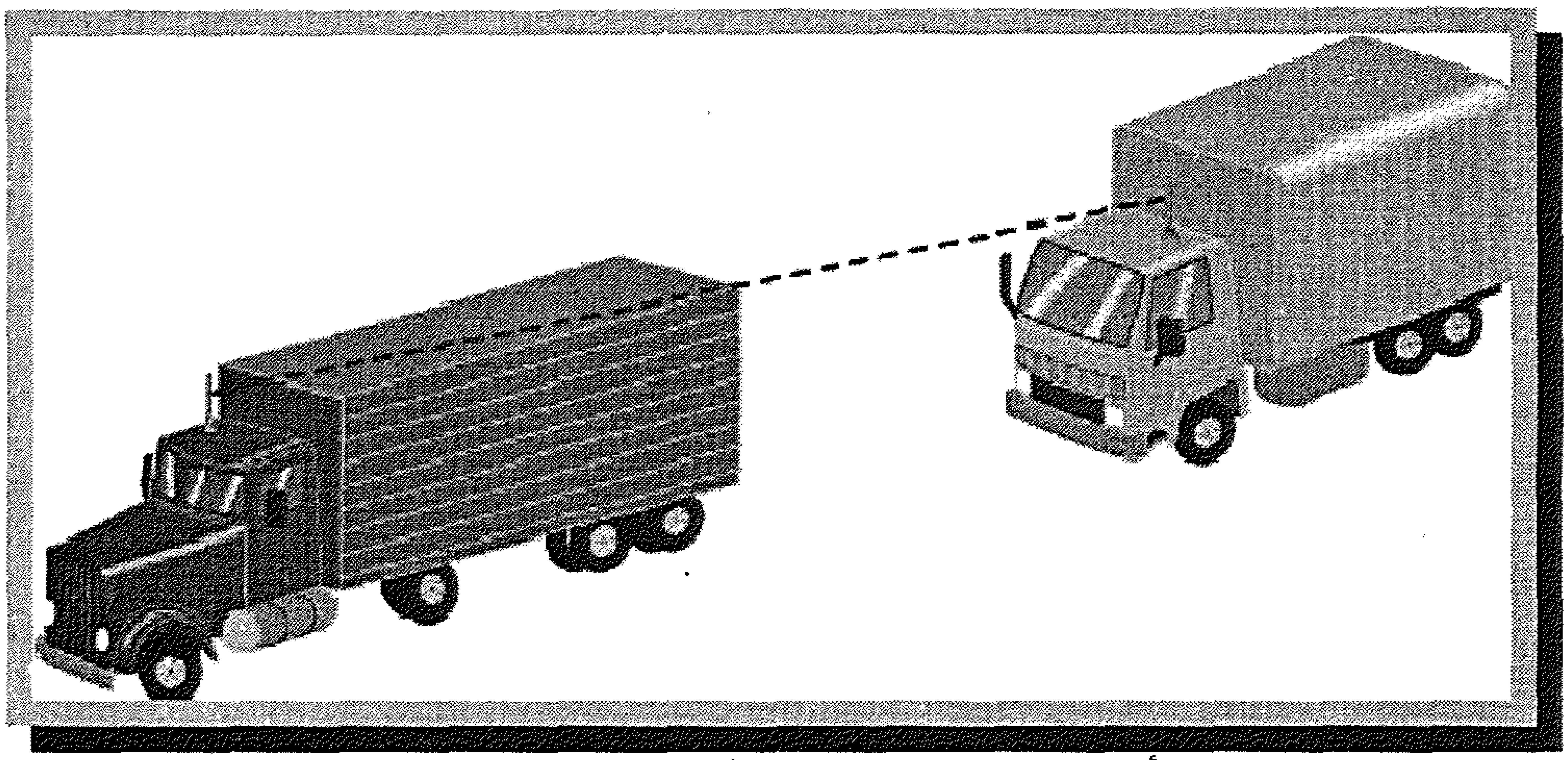
يشترك كل من جهاز الخدمة إلاذاعية للمواطنين CB ،و جهاز الاستقبال وألارسال الجوال walkie-talkie ، وجهاز الهاتف الجوال والتي تشترك ببعض العناصر المشتركة هي : .

1 - طريقة الاتصال المزدوجة Duplex:

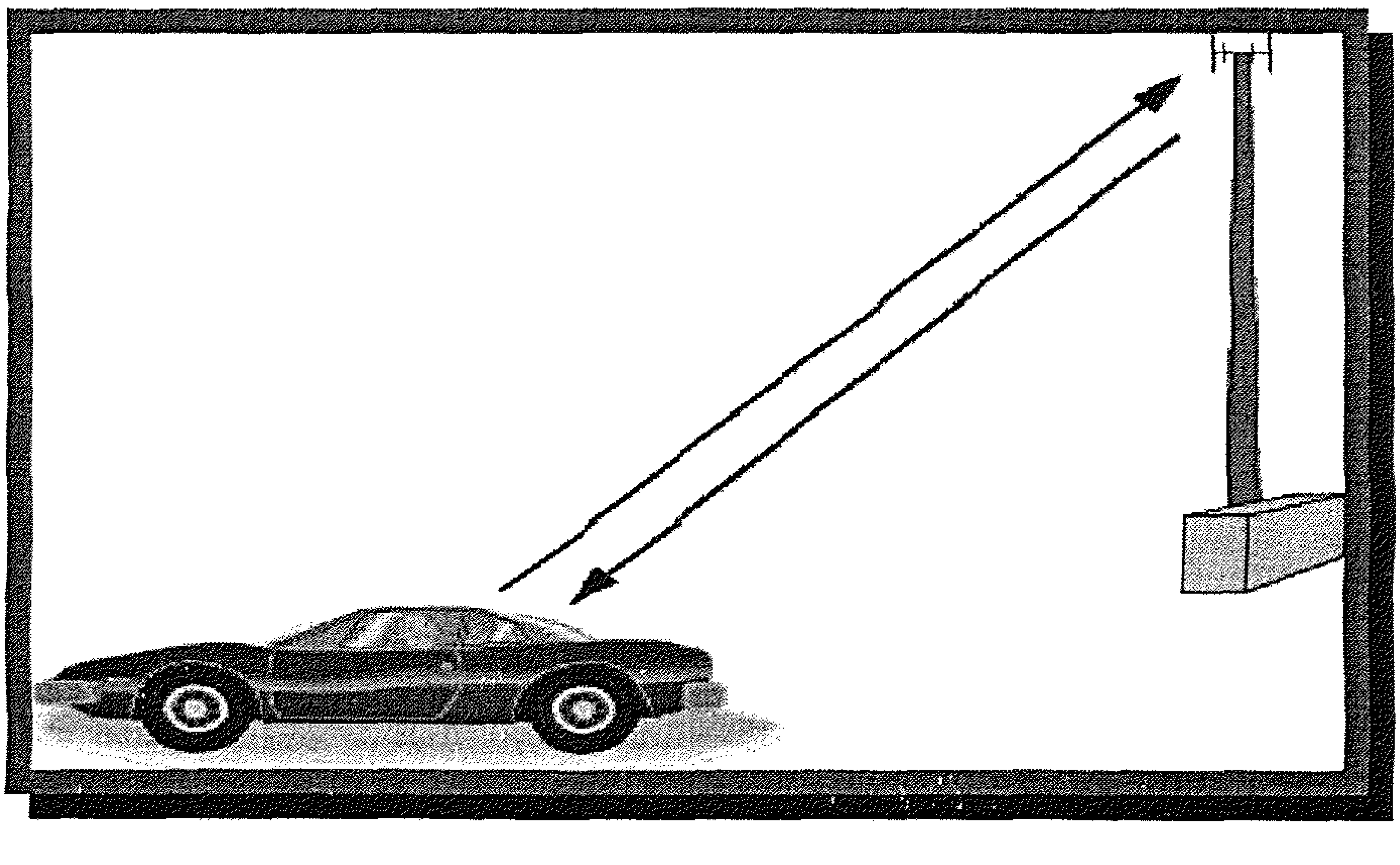
كلاً من جهازي CB و Walkie-Talkie هي أجهزة تعمل بنظام نصف اتصال half-duplex شكل (6 – 3)أي أن احد الأشخاص يتكلم و الأخر يستمع وبالعكس، ففي أجهزة CB يتم الاتصال بين شخصين باستخدام نفس التردد، لذا فإن شخص واحد فقط يستطيع التحدث والأخر يستمع وهذا عكس ما يحصل في

الهاتف الاعتيادي حيث يمكن الارسال والاستلام في ان واحد. أما الجوال فيعمل بنظام الاتصال الكامل full-duplex شكل (6 –4) وهذا يعني أن هناك تردد مخصص للحديث وتردد أخر مختلف للاستماع مما يعني أن كلا الشخصين يمكنهما التحدث في نفس الوقت. إن مصطلح كلمة "**Duplex**" يعني إمكانية إرسال واستقبال البيانات بين الأجهزة الالكترونية .

شكل (6 – 3)أجهزة اتصال تعمل بنظام نصف اتصال half-duplex



شكل (6 – 4) أجهزة اتصال تعمل بنظام الاتصال الكامل full-duplex



2- القنوات Channels :

تختلف القنوات المستخدمة للتحدث باختلاف الأجهزة الثلاث ففي جهاز walkie-talkie توجد قناة واحدة للاتصال بينما في جهاز CB توجد حوالي 40 قناة للاتصال. ولكن في أجهزة الجوال توجد أكثر من 1664 قناة

3- المدى Range :

جهاز الاستقبال والارسال الجوال walkie-talkie تغطي مدي يصل إلى 2 كيلو متر باستخدام قدرة مقدارها 0.25 واط ، أما أجهزة الخدمة الإذاعية للمواطنين CB فأنة يغطي مدي يصل إلى 8 كيلو متر باستخدام قدرة مقدارها 5واط إما أجهزة الهاتف الجوال فأنه يغطي مدي كبير لأنة يعمل ضمن الخلايا للمحطات الارضيه ويمكن أن يتحول من خلية إلى أخرى إي أن المدى الذي يعمل فيه الجوال كبير جدا .يستخدم الجوال قدرة منخفضه تتراوح بين 0.6 - 3 واط فقط كما أن محطات الإرسال للجوال تعمل بطاقة منخفضه أيضا، مما يعني أن منطقة التغطية للترددات بين محطة الإرسال والجوال لن تزيد عن مساحة الخلية السداسية الشكل وهذا يجعل إعادة استخدام نفس الترددات في خلايا أخرى ممكن. أي يمكن أن تحدث 56 شخص لكل خلية مع بعضهم البعض في نفس الوقت باستخدام نفس الترددات.

أجيال الهاتف الجوال

بدأت فكرة الهواتف الجوالة في عام 1945 حيث أدخل للخدمة الجيل الصفري المسمى G0 للهواتف الحرارية بالرغم من أنه لم يكن من فئة الهواتف الجوالة ، لأنها لا تتمكن من التغيير التلقائي لتردد القناة خلال المكالمة عندما ينتقل المستخدم من خلية إلى أخرى في المحطات القاعديه، والتي تسمى "بالتسليم اليدوي handover . اخترعت خلايا المحطات القاعديه ذات الشكل السداسي للمحطات الأرضيه للهاتف في عام 1947 من في مختبرات بيل ثم طورت في

نفس المختبرات عام 1960 .الهواتف الراديوية لها تاريخ طويل يعود إلى الحرب العالمية الثانية عندما استخدمت في الاتصالات العسكريةوكذلك الخدمات المدنية التي بدأت في الخمسينيات ، بينما بدا استخدام الهاتف الجوال الحرارية منذ عام 1983. وبعد انخفاض تكاليف الإنشاء والانتشار السريع للمحطات القاعديه للهاتف انتشر منذ ذلك الحين استخدام الهاتف الجوال بسرعة في جميع أنحاء العالم ، متجاوزة بذلك نمو الهواتف الثابتة.

أول نظام للهاتف الجوال المستخدم في المملكة المتحدة كان نظام تماثلي كانت قدرة الهواتف المرسلة 0.63 واط . طور هذا النظام تدريجيا بحيث أنه يستخدم قنوات ترددها يصل إلى حوالي 900 ميجاهرتز ، ويستخدم التضمين الترددي والذي يؤدي إلى تغيرات عشوائية قليلة جدا في سعة الموجة الحاملة.

في عام 1970 استطاع عاموس جول في مختبرات بيل اخترع فكرة ما سمي "المكالمة المتنقلة " وهي الميزة التي تسمح لمستخدم الهاتف الجوال للتنقل بين العديد من الخلايا خلال نفس المحادثة. بدأت شركة لوست تكنولوجي عام 1947 التجارب في مختبراتها في مدينة نيوجرسي الأمريكية حول إمكانية التخاطب بالهاتف الجوال واستمر العمل بالتطوير حتى استطاع الأمريكي كوبر في شركة موتورولا والذي يعتبر عمليا أول مخترع للهاتف الجوال الذي امتاز في ذلك الوقت بكونه كبيرا وثقيلا نوعا ما ، استطاع كوبر في 3 أبريل من عام 1973 إطلاق أول مكالمة بواسطة الهاتف الجوال.

لأول مرة من أوائل إلى منتصف عام 1980 طرح للأسواق أول هاتف محمول تلقائي كليا (الجيل الأول للهاتف الجوال1 G). في أوائل التسعينيات كانت الهواتف الجوالة كبيرة الحجم بحيث لا يمكن وضعها في الملابس ، لذلك فإنها عادة ما توضع بشكل دائم في السيارة كهواتف للمركبات. مع تقدم التكنولوجيا وتصغير المكونات الرقمية للهواتف الحرارية أصبح الهاتف أصغر حجما وأخف وزنا . يتكون الهاتف الجوال من دائرة استقبال وإرسال ووحدة معالجة مركزية

وفرعية. يتم إرسال الترددات الراديوية عبر محطات أرضية ومنها فضائية تماما مثل إشارات الراديو. من خواص الجوال :

- يمكن إرسال الرسائل القصيرة لمختلف دول العالم
- الاتصال بالآخرين ورؤيتهم عن طريق الجيل الرابع G4 المزودة بكاميرات دقيقة

الهاتف النقال أو الهاتف الجوال أو الهاتف الجوال هو جهاز إلكتروني بعيد المدى محمول متنقل يستخدم للاتصالات . الجوال هو جهاز يشبه في عمله جهاز الراديو، ولكن راديو بدرجة عالية من الدقة والتعقيد. بالإضافة إلى وظيفة المكالمات الصوتية للهاتف فهناك خدمات إضافية ، مثل الرسائل النصية القصيرة SMS والبريد الإلكتروني ، والوصول إلى شبكة الإنترنت ، ورسائل الوسائط المتعددة MMS لإرسال واستقبال الصور والفيديو.

معظم الهواتف الجوالة الحالية يمكن ربطها لشبكة من المحطات الارضيه (خلية المواقع) ، والتي بدورها تربطه لشبكة الهاتف العامة (PSTN) (باستثناء هواتف الاتصالات عبر الأقمار الاصطناعية). يوجد في كل مدينة 832 من الترددات المتوفرة لعمل الهاتف الجوال يستخدم منها 42 تردد لقنوات التحكم فيبقى 790ولان الجوال يحتاج إلى ترددين عند كل مكالمة احدهما للتحدث والأخرى للاستماع أي أنة يوجد 395 قناة اتصال لكل محطة إرسال ولان كل خلية تعمل بالنظام التماثلي تستخدم (1/7) القنوات المتوفرة لذا فان كل خلية يوجد فيها حوالي 56 قناة متوفرة للاتصال أي أنة يوجد 56 شخص في الخلية الواحدة يمكنهم التحدث بالهاتف في نفس الوقت .الهاتف الجوال الذي يعمل بالنظام الرقمي تزداد فيه عدد القنوات المتوفرة بحوالي ثلاثة إضعاف عما متوفر في النظام التماثلي أي أن عدد القنوات المتوفرة في النظام الرقمي يصبح (56 x 3) = 168 قناة للاتصال في نفس الوقت.

مر الهاتف الجوال بتطورات تكنولوجية سريعة سميت بأجيال الهاتف الجوال فهناك هواتف من الجيل الأول والجيل الثاني والثالث والرابع وقريبا الخامس، والانتقال من جيل إلى أخر يعتمد على التقنيات التكنولوجية التي أدخلت على الهاتف الجوال والشبكة .

. الجيل الأول (G1) للاتصالات اللاسلكية تمثل اللبنة الأولى للهواتف التماثلية التي تجمع الآن كنوع من أنواع الهويات . الهيكل الجوال لهذا الجيل لا يزال يعرض من قبل معظم الشركات اللاسلكية لحد اليوم. الجيل الثاني (G2) من الهواتف الجوالة الذي يستخدم التكنولوجيا الرقمية ، مما سمح للكثير من استخدام قنوات متعددة. لكن G2 لا تزال مخصصة للاتصالات الصوتية في المقام الأول ، وليس البيانات ، باستثناء بعض البيانات القليلة جدا ، مثل خدمة الرسائل القصيرة.

ما يسمى بالجيل G2.5.والذي يسمح لشركات النقل بزيادة معدلات البيانات مع تطوير البرمجيات في محطات الإرسال الارضيه ، الجيل الثالث G3 للهواتف الحرارية توفر بيانات أكبر للمستخدمين ، ما سيسمح لهم إرسال واستقبال مزيد من المعلومات وذلك لكبر النطاق الترددي العريض، كل هذه التصاميم هي تصاميم خلوية لهل معمارية خلوية خاصة . من مزايا الجيل الثالث انه تطور كثيرا بسبب توفر ما يكفي من الوقت والمال ووجود ، شركات هاتف جوال متمكنة ولها القدرة على بناء شبكات وطنية وقد نفذت الشركات االكبرى ذلك. اما أكبر عيوب الشبكات الجوالة هو أن زيادة معدلات البيانات يؤدي لزيادة الطاقة الخارجة وسيتعين على ذلك زيادة حجم الخلايا لغرض دعم الزيادة في معدل البيانات.الزيادة الكبيرة في الطاقة الخارجة يؤدي الى خوف المشرعين والمستهلكين على حد سواء ، لذلك فمن المرجح أن نشهد إنتاج خلايا صغيرة .

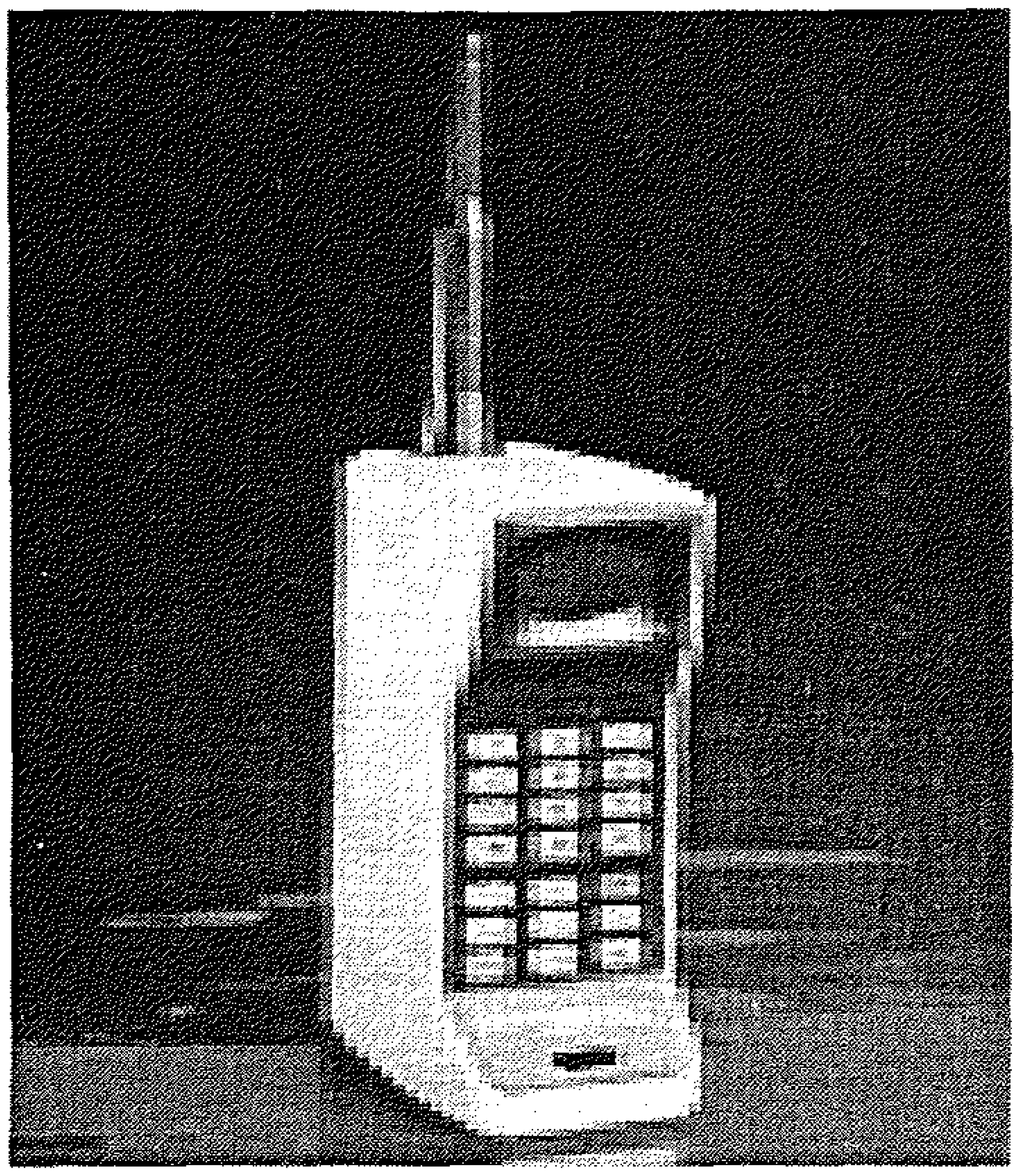
الجيل الرابع (G4) تم تطويره من قبل وكالة مشاريع بحث الدفاع المتقدم (DARPA) ، وهي الجهة نفسها التي طورت شبكة الإنترنت السلكية. فإنه ليس من المستغرب أن تختار DARPA نفس التوزيع المعماري الى الإنترنت

اللاسلكي والذي برهن على نجاحها في الانترنت السلكي . على الـــرغم مـــن ان الخبراء وصناع القرار لم يتفقا بعد على جميع جوانب الجيل G4، واهـــم هـــذه الخـــصائص : النهايـــة إلـــى النهايـــة (end-to-end Internet) لبروتوكـــول الإنترنت(IP) ،وشبكة الأقران Peer-to-peer networking. جميع شبكات IP لها معنى عملي لأن المستهلكين يريدون اســـتخدام نفـــس البيانـــات والتطبيقـــات لاستخدامها في الشبكات السلكية. وشبكة الأقران تستخدم كل جهاز ، كجهاز إرسال وجهاز توجيه على حد سواء لإعادة الإرسال في الأجهزة الأخرى فـــي الـــشبكة والذي يزيل ضعف الهياكل الجوالة ، وذلك لأن ازالة احد العقدة لا يؤدي لتعطيـــل الشبكة.

6- 2 الجيل الأول للهاتف الجوال G1:

أعلنت في شركة موتورولا يوم 3 أبريل من عام 1973 النموذج الأول ألأول لتلفون محمول شكل (6 – 5).وفي عام 1978 ، بدأت مختبرات بيل بالإعلان عن أول شبكة للهاتف الجوال في شيكاغو التي تستخدم النظام التماثلي analog وسميت بمنظومة الهواتف الجوالة المتقدمة ـــSystem Mobile Phone Advanced والتي تكتب اختصاراً AMPS أي أنظمة الهواتف الجوالة المتطورة والتي حصلت على الاعتماد من مؤسسة الأتصالات الدولية FCC , وهناك نوع اخر استخدم في الدول الاسكندنافية واوربا الغربية وروسيا سمي التلفون الجوال الاسكنجنافي ,NMT (Nordic Mobile Telephone).استخدمت لاول مرة في ولاية شيكاغو الأمريكية. أستخدمت جوالات AMPS مدى من الترددات بين 824 – 894 ميجاهرتز وتستخدم للمكالمات الصوتية فقط ، وتنتقل الإشارات عبر طريقة التضمين الترددي FM. اوعملت الشركات والحكومات الغربية على دعم شبكة هواتف لاسلكية جديدة وتنافس شبكة التلفونات السلكية لغرض تقليل التكاليف والأسعار بالنسبة للمستخدم.

شكل (6- 5) هاتف نقال G1



خصصت الشركات مزود خدمة للشبكة اللاسلكية ووضعته في كل مكان وسمي بمزود الخدمة المحلي، ويتكون كل مزود خدمة من ناقلين سمي الأول A والثاني B. تستخدم إشارات ترددها 25 ميجاهرتز لنقل ألإشارات العائدة من الجهاز إلى المحطة في هذه النظم تخصص حزمة واحدة من ترددات مقدارها25 ميجاهرتز لغرض إرسال الإشارات من احد خلايا المحطة الارضيه إلى الهاتف ، وحزمة أخرى من نوع مختلف الى المحطة الارضيه. هذه الحزم تنقسم إلى عدد من قنوات الاتصال ، كل قناة سوف تستخدم من قبل احد المتكلمين ، ولكن هذه الشبكة لم ترخص من لجنة الاتصالات الاتحادية حتى عام 1982. كانت الهواتف الجوالة للجيل الاول أكبر من الهواتف المتداولة حاليا ، واستخدمت في البداية ، كهواتف ثابتة في السيارات (ومن هنا كانت عبارة هاتف السيارة). ثم حولت بعض هذه الوحدات الضخمة من الهواتف لاستخدامها كهواتف يمكن نقلها وهي بحجم الحقيبة. تعتبر شركة موتورولا أول شركة تعرض الهواتف الجوالة ، أصبحت تعرف فيما بعد باسم الجيل الأول (G1) للهواتف الحرارية. استطاع قطاع

الاتصالات الحرارية في طوكيو في اليابان في عام 1979 إنشاء أول شبكة للهاتف الجوال في اليابان وفي عام 1981 ، وفي الدول الاسكندنافية بدأ تنصيب شبكة الهاتف. استخدمت الهواتف الجوالة المتقدمة (AMPS) مدى من الترددات بين 824 - 894 ميجاهرتز. و حصلت على الاعتماد من مؤسسة الاتصالات الدولية وأول ما استخدمت في ولاية شيكاغو الأمريكية. تم تخصيص ما سمي بمزود خدمة الشبكة اللاسلكية ، ويتكون كل مزود خدمة من ناقلين سمي الأول A والثاني B. تم تخصيص 832 تردد مختلف للناقلين A و B منها 790 تردد للصوت و42 تردد للمعلومات. تتكون كل قناة اتصال من ترددين واحد للإرسال والثاني للاستقبال. واختيرت الترددات باتساع 30 كيلوهيرتز وذلك لضمان نقل الصوت بجودة الاتصال السلكي.

اعتمدت فكرة عمل جوالات الجيل الأول على ترددات راديوية متغيرة باستمرار لنقل أصوات المستخدمين. حيث يتيح ذلك الاتصال المتعدد لأكثر من هاتف خلوي بمحطة الإرسال ويستخدم كل جوال تردد مختلف وان استخدام تلـك القنـوات لا يكون بشكل دائم. يفصل ترددات الإرسال عن ترددات الاستقبال لكل قناة صـوتية مجال ترددي مقداره 45 ميجاهرتز لكي لا تحدث تداخلات بين الموجات المرسلة والمستقبلة. وتطورت هذه الأنظمة إلى ما سمي بأنظمة التلفونـات الحراريـة المتطورة ذات الحزمة الضيقة (NAMPS) حيث تم إدخال تقنيات رقمية لغرض زيادة عدد الاتصالات بأكثر من ثلاث مرات لكل قناة. وبالرغم من إدخال بعـض التقنيات الرقمية إلا أن نوع النظام (NAMPS) بقي تناظريـا لأنـه محـدود الخدمات ويعمل بتردد 800 ميجا هرتز.

بدأت الهواتف الجوالة تنتشر خلال الثمانينيات من القرن الماضـي مـع إدخـال محطات أرضية متعددة (خلايا) التي تقع على مسافات قريبة نسبيا مـن بعـضها البعض ، واستخدمت الطريقة الآلية للاستلام بين خليتين عندما ينتقل الهاتف مـن

خلية إلى آخري. في حالة ألنظام AMPS ، المستخدم في الجيل الأول للهــاتف الجوال ، تفصل كل قناة عن القنوات المجاورة بمقدار 30 كيلو هرتز ، وهو أمــر غير فعال في الطيف الراديوي والتي تضع حدا لعدد المكالمات التـــي يمكــن أن تحصل في أي وقت من الأوقات. غير أن هذا النظام يتيح حالات دخول متعددة ، وذلك لأن المتصل الثاني يمكنه استخدام نفس القناة ، بعد أن يتوقف المتصل الأول . هذا النظام يسمى تقسيم التــردد المتعــدد (FDM) (Frequency division multiple) و لأن قدرة إرسال الخلية محددة ومصممة لتغطية منطقة معينة ، فمن الممكن استخدام نفس الترددات في خلايا أخرى تكون بعيدة بما فيه الكفاية لكي لا يكون هناك أي تدخل . هذا النظام يسمى بإعادة استخدام التــرددات وتتــيح هــذه الشبكة زيادة القدرة. هيكل الشبكة الجوالة مسؤولة أيضا عن سمة أخرى لاتصالات الهاتف الجوال وهي عملية حصول نوعا من التسليم يتم فيه تنقل الهاتف الجــوال من خلية إلى أخرى ، وهذا يتطلب استخدام زوج من الترددات التـــي يــستخدمها الهاتف في وقت التسليم.

أول شبكة للهاتف الجوال في الدول الاسكندينافية بدأت عام 1981. وفي عام 1985 ، استطاعت المملكة المتحدة تشغيل شبكة للهاتف الجوال بنظام (مجموع الوصول لنظام الاتصالات) TACS (Total Access Communications System). لكن مع استحداث شبكات الجيل الثاني للهواتف الجوالة G2 ، فان هواتف الجيل الأول أوقف استخدامها لأنها ليست قابلة للتكييف مع المعايير الجديدة الجيل الثاني ووجد سلبيات أخرى في عملها ، مثل ضعف الأمن بسبب عدم التشفير ،حيث بأنة بإمكان أي شخص لديه جهاز استقبال يستطيع ضبط التنغيم للتردد المطلوب لغرض التصنت للحديث الدائر.

6- 3 الجيل الثاني للهاتف الجوال G2

تعتبر جوالات الجيل الثاني هي أول جوالات تعمل بالنظام الرقمي والتي بدأ استخدامها في التسعينات من القرن الماضي، ويستخدم جوال الجيل الثاني نفس تكنولوجيا الراديو كما في جوال الجيل الأول ولكن بطريقة مختلفة، ففي النظام التماثلي لا تستخدم كل إمكانيات الإشارة المتبادلة بين الجوال والشبكة التابع لها. حيث انه من غير الممكن أن يتم ضغط وتشفير الإشارة التماثلية مثل الإشارة الرقمية. ولكن في الإشارة الرقمية يتم ضغط وإعادة معالجة الإشارة مما يسمح بزيادة عدد القنوات لنفس المدى الترددي المستخدم. الجوال الرقمي يقوم بتحويل الموجات الصوتية التماثلية إلى معلومات رقمية بنظام العدد الثنائي المكون من الرقمين (0 و 1) . ثم يتم تشفير وضغط المعلومات لكي ترسل بكفاءة عالية وبزمن قصير حيث يصبح بالإمكان إجراء 3 -10 اتصالات مرة واحدة في نفس الزمن مقارنة مع مكالمة واحدة في الجيل الأول. أي يمكن تقسيم الإشارة الاسلكية إلى عدد (شرائح) من المعلومات تحمل شفرات (كود) بعنوان مستخدم الجوال. وإثناء انتقالها إلى المستقبل تتوزع الشرائح على نطاق الترددات ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال . سمي هذا النظام بالنظام العالمي للاتصالات الاسلكية (GSM) هو نظام معتمد لتشغيل شبكات الاتصالات اللاسلكية ويعمل على المعالج الدقيق الخاص بأجهزة الجوال التي تعمل على نظام GSM كما أن هناك نظام تشغيل أخر هو IS-136، ويمكن تشبيه أنظمة تشغيل الجوال بأنظمة تشغيل الكمبيوتر مثل الويندوز واللينكس. يعمل نظام GSM على تشفير (ترميز) البيانات المرسلة بواسطة الجوال لتحقيق درجة عالية من الأمان وعدم اختراق هذه البيانات وتعمل على ترددات تتراوح بين 900 الى 1800 ميجاهرتز في أوربا واسيا ، بينما تعمل على ترددات تتراوح بين 850 الى 1900 ميجاهرتز في الولايات المتحدة الأمريكية. ينتشر النظام في دول شتى ولغرض استخدام الجوال في أي دولة يجب تغير شريحة الاتصال SIM (subscriber identification module) أي

وحدة تعريف هوية المشترك وهي عبارة عن ذاكرة يتم تثبيتها في الجوال الـذي يعمل بنظام GSM لغرض خزن البيانات الأزمة للاتصال وأرقام التعريف التـي تسمح بالدخول لخدمات الجوال المقدمه من الشركة المالكة لشريحة الاتصال .

من أهم أهداف هذا النظام:

- المقياس الموحد Common Standard
- التجوال الدولي International roaming
- تقنيات التشفير الرقمي encryption techniques Digital
- أجهزة بتكلفة منخفضه Low cost equipment
- الاستهلاك الكهربائي المنخفض Low power consumption
- إرسال رقمـي متعـدد الوصـول بتقـسيم الـزمن TDMA digital transmission

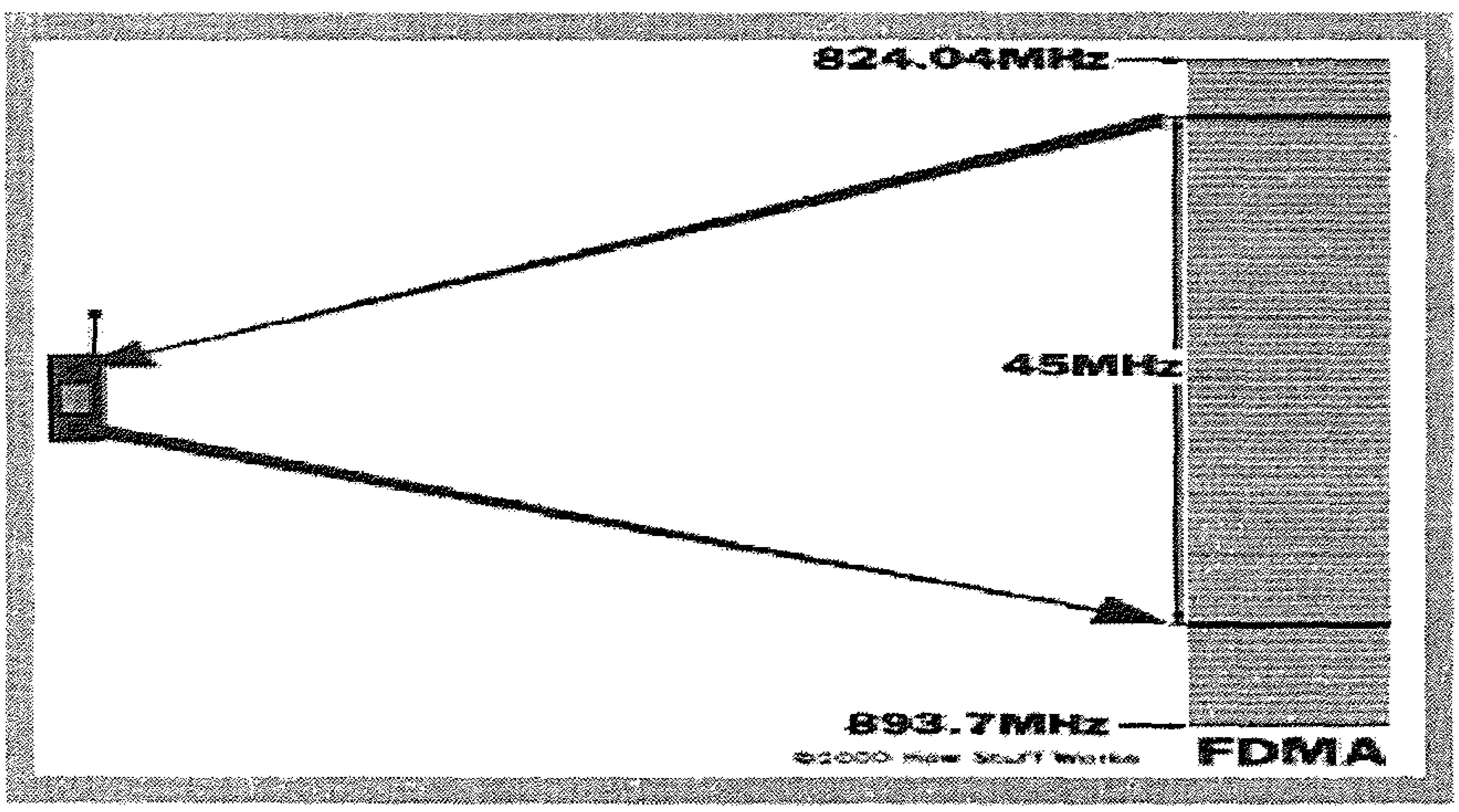
في الجيل الثاني من الهاتف الجوال لا يمكن عادة نقل البيانـات ، مثـل البريـد الإلكتروني أو البرامج، ما عدا المكالمة الصوتية الرقمية ، وغيرها من البيانـات المساعدة الأساسية مثل الوقت والتاريخ. تتوفر كذلك خدمـة الرسـائل النـصية القصيرة كشكل من أشكال نقل البيانات في بعض المعايير. يعتبر عرض النطـاق الترددي واحدا من المشاكل الرئيسية التي تواجه تطـوير الاتـصالات الـسلكية واللاسلكية ،لذلك كانت الحاجة للبحث عن البروتوكولات التي يمكـن اسـتخدامها لزيادة كفاءة عرض النطاق التردد عن طريق تعدد عمليات الدخول للشبكة تمكن الإشارات المتعددة لاحتلال قناة اتصال واحدة .أهم التقنيات المـستخدمة لتـشغيل الأجيال المختلفة للهاتف الجوال و التقنيات المستخدمة لطريقة الدخول إلى الـشبكة في تناقل المعلومات من الجوال إلى الشبكة والعكس هي:

1 -الدخول المتعدد بالتقسيم الترددي Frequency division multiple (FDMA) access

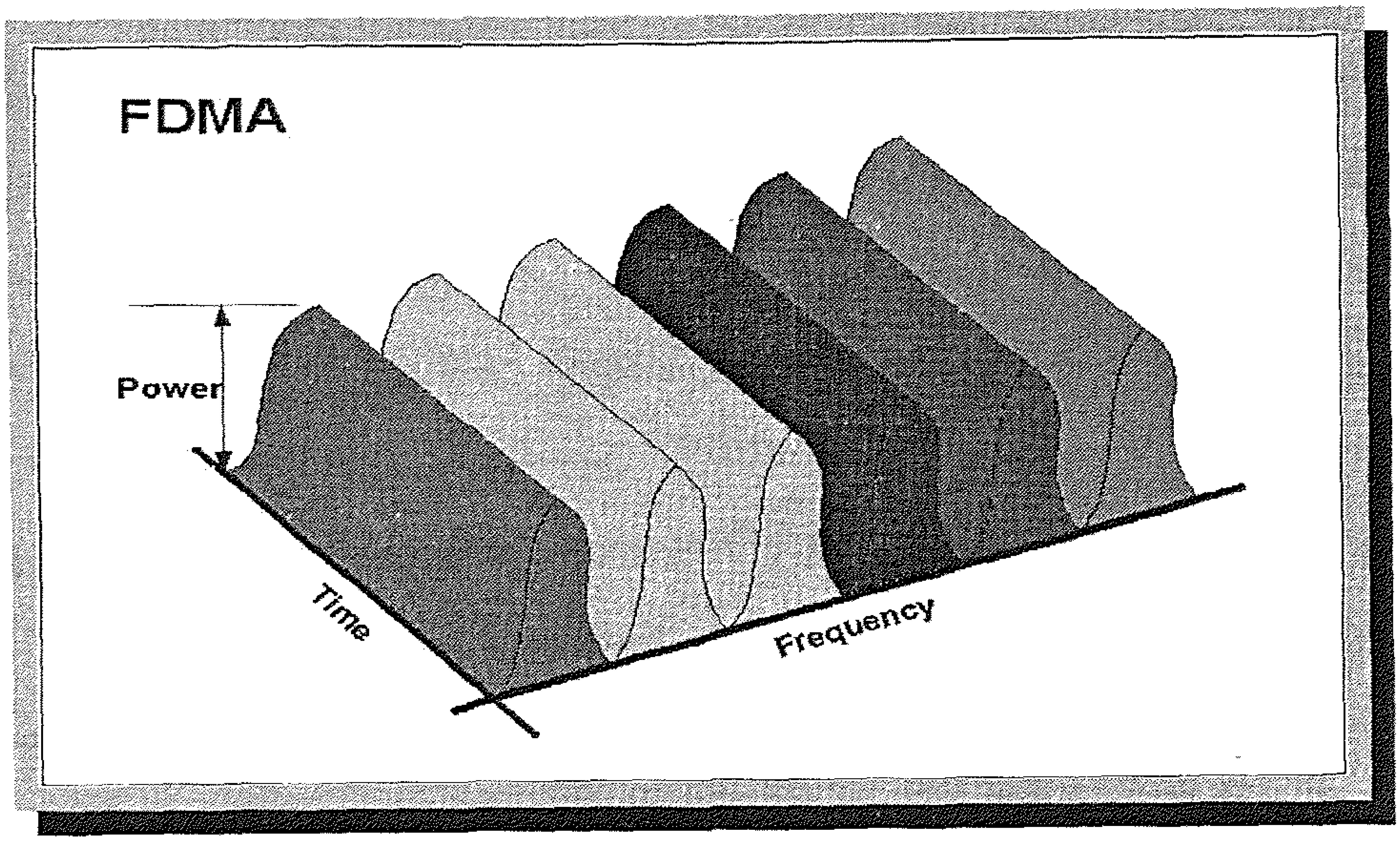
تقانة الدخول المتعدد بالتقسيم التردد (FDMA)، هو عملية تحديد أشارات مختلفة لقنوات التردد، وهي جزء أساسي من التكنولوجيا التماثلية في الهواتف الجوالة المتقدمة (AMPS). في هذه التقانة كل قناة يمكن تحديدها لمستخدم واحد فقط ولمرة واحدة.و تستخدم أيضا في عملية الدخول الكلي لنظام الاتصالات ويعني تخصيص تردد معين لكل مكالمة .في كل محطة ارضية للجوال توجد محطة ارسالة راديوية ترسل الاشارة بترددات مختلفة خلال النطاق المخصص من المدى الترددي. وتعتمد تقانة FDMA على تقسيم المدى الترددي إلى عدد من القنوات الترددية ألصغيرة كما في الشكل (6-6) حيث تم تقسيم مدى الترددات الى نطاق ترددي أصغر مقداره 45 ميجاهرتز وكل محطة إرسال تستخدم تردد مختلف لإرسال الإشارات بطريقة تماثلية للدخول و نقل البيانات الرقمية، ولكن هذه التقنية غير فعالة للاتصالات الرقمية.

الشكل (6 - 6) تقانة FDMA تقسيم المدى الترددي إلى عدد من القنوات الترددية ألصغيرة.

A



Bتقسيم التردد



2 -الدخول المتعدد بالتقسيم الزمني Time division multiple access (TDMA)

في هذه التقانة يستخدم نفس الطيف الترددي لإجراء عدة اتصالات لاسلكية من خلال تقسيم الزمن، أي انه يساعد على وجود مزيد من المستخدمين على نفس نطاق الترددات بتقسيم الزمن إلى اجزاء ويشارك المستخدمين بالقناة بتعين اوقات معينة . هذة التقنية تستخدم النظام الرقمي المتطور للهواتف الجوالة (D-AMPS) ، والنظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM). فمثلا عند اجراء اربعة مكالمات في نفس الزمن ولنفس التردد يتم تحويل الاشارة التماثلية الصوتية الى اشارات رقمية مضغوطة ترسل كمجموعة خلال ربع الفترة الزمنية للتردد والربع الثاني يخصص للمكالمة الثانية والربع الثالث يخصص للمكالمة الثالثة وهكذا تكرر الدورة وبذلك يتم أجراء اربعة مكالمات مختلفة بنفس التردد ونفس الزمن. ويمثل الشكل (6 - 7) طريقة إجراء ثلاثة مكالمات في نفس الوقت، حيث يخصص لكل مكالمة

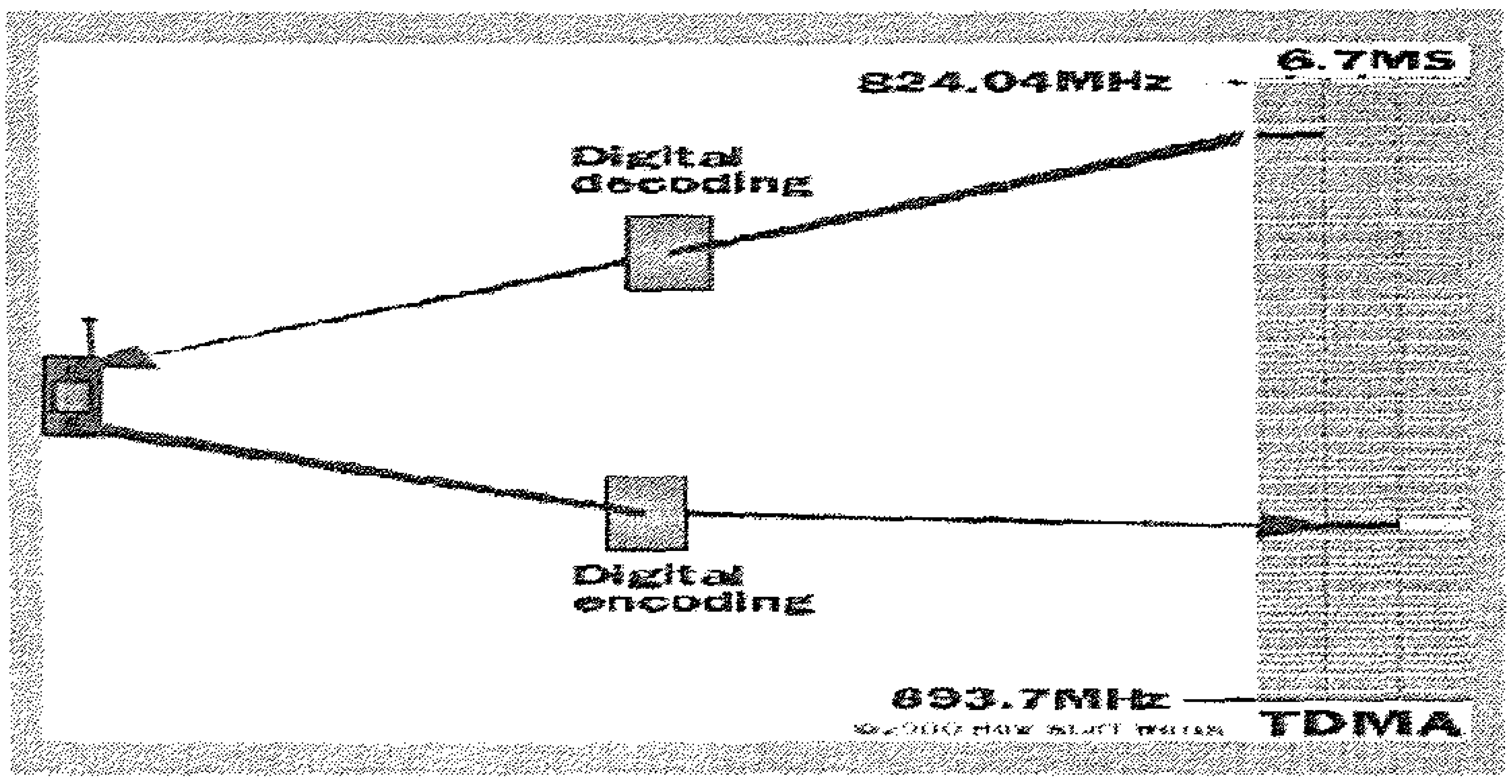
حيز زمني متكرر كما هو موضح في تعاقب تكرار الألوان ويمثل كل شريط قناة ذات تردد محدد وعلى نفس التردد تجد ثلاثة ألوان مختلفة تتكرر خلال الـزمن، يمثل كل لون مكالمة مرسلة وبهذا يمكن على نفس التردد إرسال ثلاثة مكالمات .

النظام يسمح لكل قناة لاستخدامها من قبل ثمانية هواتف. يتحقق ذلك عن طريـق ضغط 4.6 ملي ثانية لكل قطعة من المعلومات التي يجب أن ترسل بشكل نبضات زمنها 0.58 ملي ثانية الهواتف والمحطات القاعديه ترسل 0.58 مللي ثانية ، كل 4.6 مللي ثانية ، مما يؤدي إلى تضمين modulation أو تغييـر فـي قـدرتها الخارجة مقداره 217 هرتز (217 هرتز = 4.6/1 مللي ثانية). لأسـباب فنيـة ، هناك ،في الواقع ، ضغط إضافي للبيانـات والـذي يـؤدي إلـى أن الهواتـف والمحطات القاعديه ترسل 25 نبضة مع حذف في كل 26 مرة ، وهلم جرا. هـذا يولد المزيد من التضمين الإضافي للقدرة الخارجة في تردد أقل من 8.34 هرتـز (= 217هرتز/ 26).

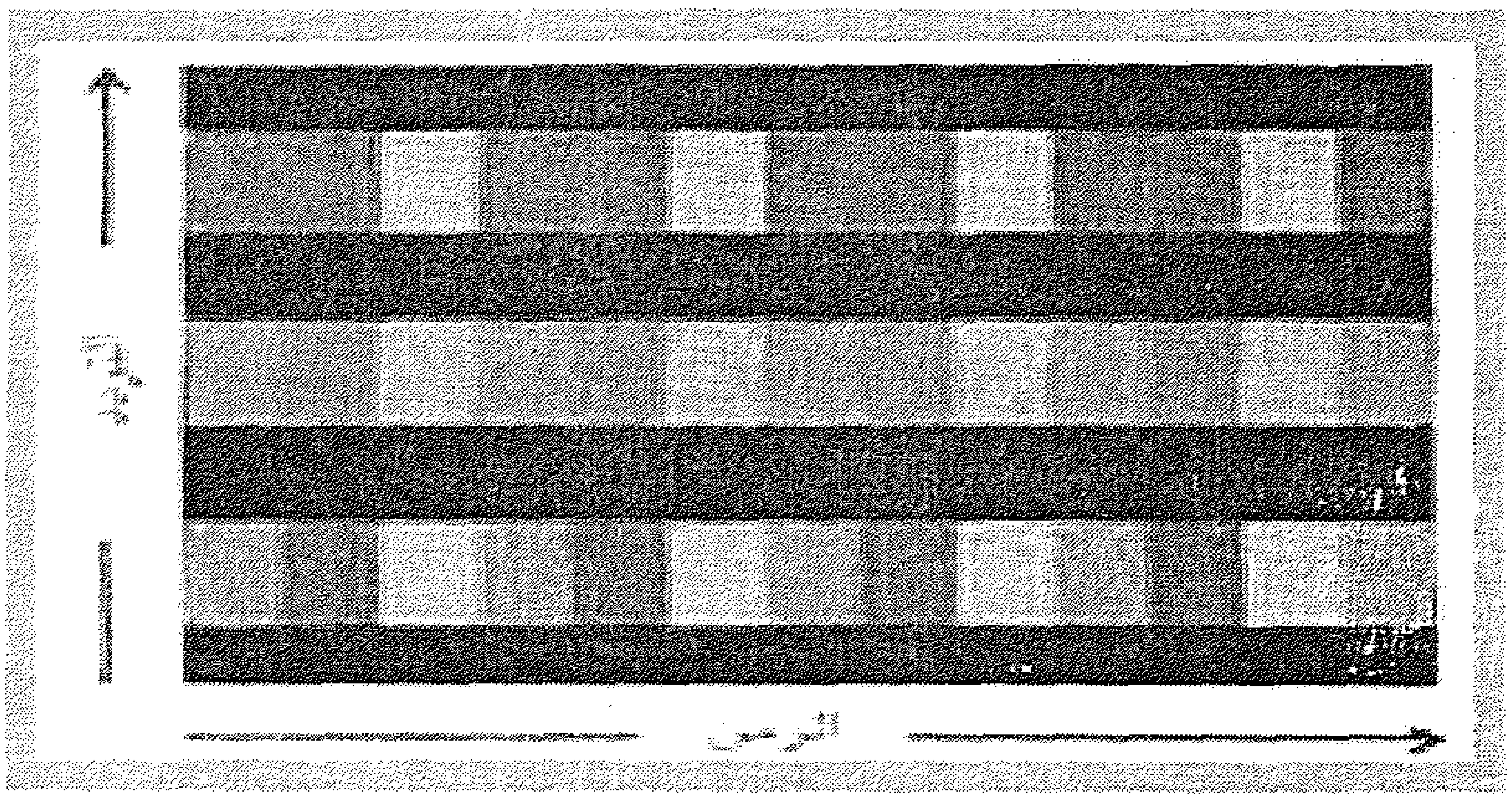
مع ذلك ، لا يمكن اكتشاف التضمين السعوي عنـد التـردد 271 كيلـو هرتـز (كل 4 ميكروثانية) الذي ترسل فيه أرقام مفردة (الصفار أو واحد) ، وهذا يـؤدي إلى تغييرات قليلة في السعة.القدرة القصوى للهواتف الجوالة فـي النظـام GSM يسمح لإرسال قدرة 2 واط (900 هرتز) و 1 واط (1800 هرتز) ضمن المعايير الحالية.

الشكل ((6 - 7)   ) الدخول المتعدد بالتقسيم الزمني (TDMA)

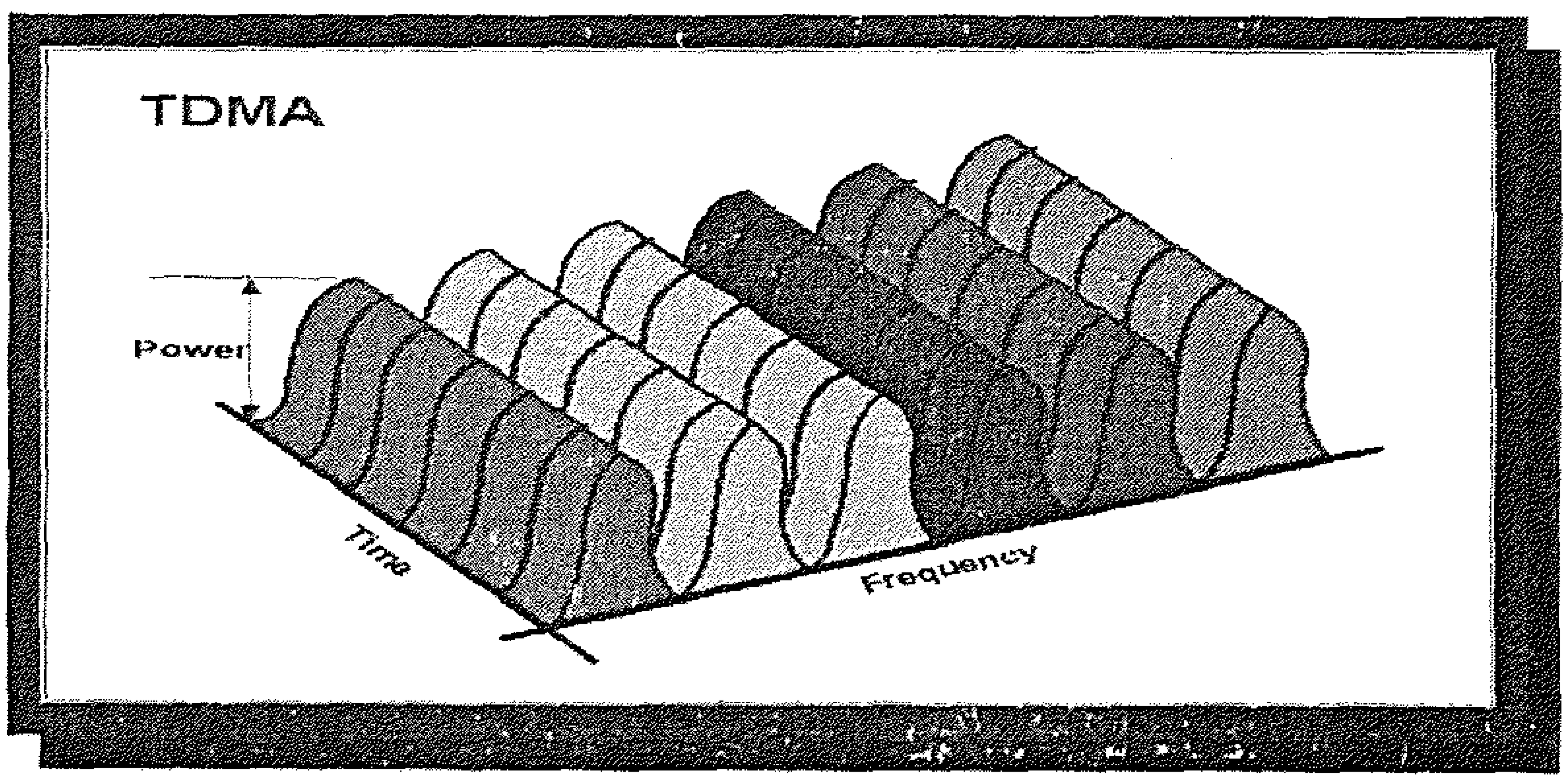
A



B



C



هذا ومع ذلك فان نظام TDMA يستخدم متوسط قدرة الإرسال بواسطة الهاتف والتي لا تكون أكثر من ثمن (8/1) من هذه القيم القصوى (0.25 واط و 0.125 واط على التوالي) ، وعادة ما يمكن خفض كميات كبيرة بسبب الآثار المترتبة وتكيف السيطرة على القدرة و الإرسال المتقطع. تكيف السيطرة على يعني أن الهاتف يقوم باستمرار بتعديل القدرة التي يرسلها إلى الحد الأدنى اللازم لمحطة القاعدة لاستقبال إشارة واضحة. هذا يمكن أن يكون أقل من ذروة القدرة بمعامل يصل إلى ألف مرة إذا كان الهاتف بالقرب من المحطة القاعديه ، على الرغم من أن القدرة تكون أكثر من هذا في معظم الحالات. الانتقال متقطع (DTX) ، يشير إلى حقيقة أن القدرة تغلق عندما يتوقف المستخدم عن التحدث إما بسبب الاستماع أو أن المتكلم والسامع لا يتحدثان. فإذا كان كل شخص يتحدث لحوالي نصف زمن المكالمة فان كل منهما يتعرض لنصف المقدار الاعتيادي. باختصار ، تكون القدرة الخارجة من الهاتف كبيرة جدا عندما تكون المسافة بينة وبين الأخر بعيدة من المحطة الأساسية أو محمية من المباني.

من أهم خواص تقانة TDMA

- يساهم التردد المنفرد للموجة الحاملة مع العديد من المستخدمين.
- انتقال غير مستمر
- السيطرة على القدرة أقل صرامة من السيطرة للتقانة CDMA بسبب قلة التداخل في داخل الخلايا
- التزامن عالي مقارنة مع CDMA
- الحصول على معدلات عالية البيانات Intersymbol

3 - الدخول المتعدد بنظام الشفرات (الكود) Code division access (CDMA) multiple

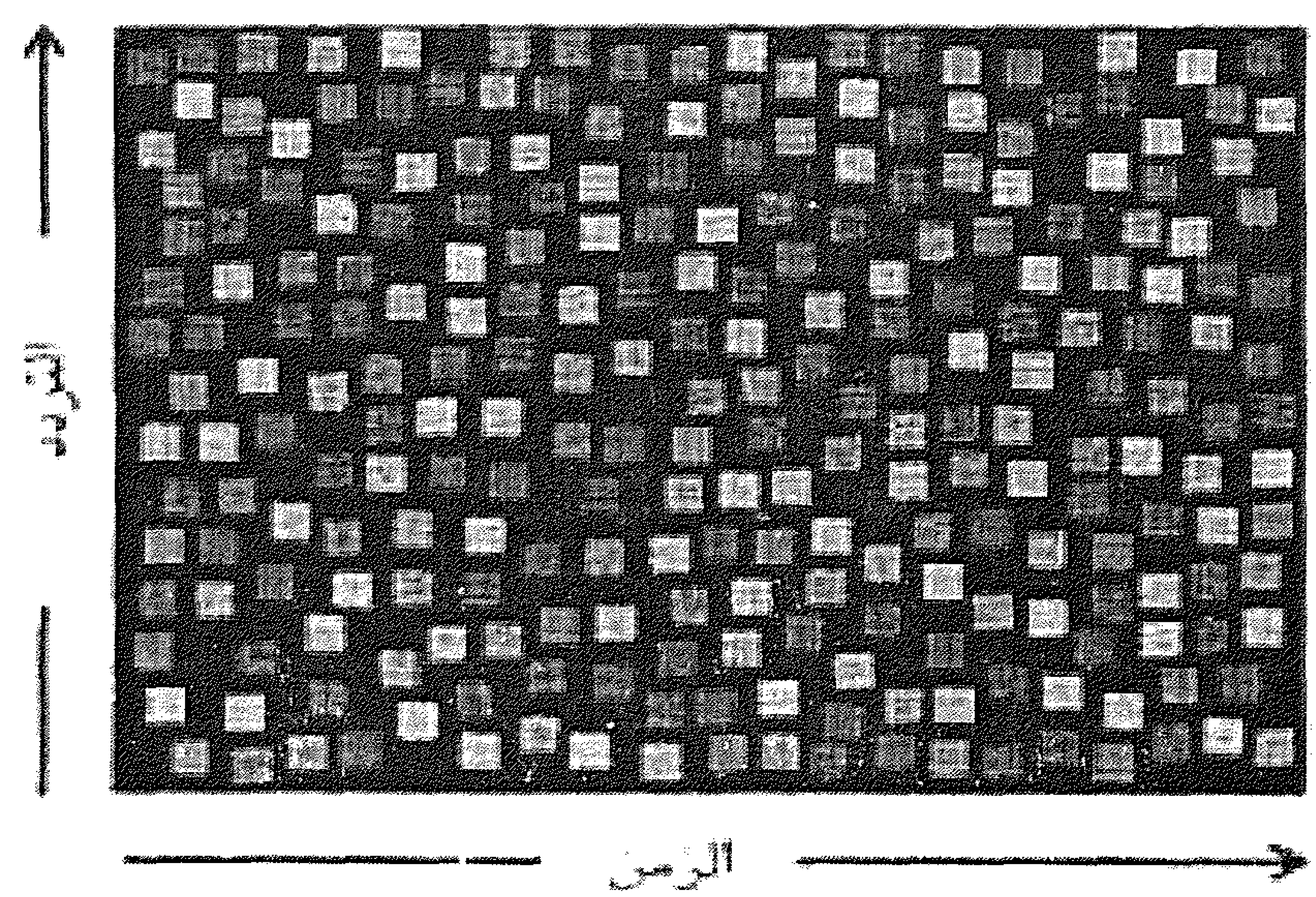
أساس عمل هذه التقنية هو التحويل من التماثلي إلى الرقمي وبعدها تتم عملية نشر البيانات الرقمية المضغوطة على النطاق الترددي المتاح في هذه التقانة تحول كـــل

مكالمة إلى بيانات رقمية وتقسم إلى رزم ترتبط مع بعضها البعض بشفرة مميزة. ، أي ان البيانات ترسل في صورة رزم على ترددات متفرقة متاحة للاستخدام خلال اي فترة زمنية. وهي تستخدم وسيلة مختلفة تماما عن تقنية TDMA فبدلاً من إرسال البيانات على قنوات مخصصة وترددات محددة فإنه هذه التقنية تقوم بتقسيم المعلومات والبيانات إلى حزم ثم ترسلها على أحد القنوات المتاحة. كما في الشكل (6 – 8) فكل لون من الوان المربعات يعود إلى حزم صادرة من جوال محدد ترسل على نطاقات ترددية مختلفة ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال، وبهذه الطريقة يمكن إجراء عدد كبير من المكالمات على نفس النطاق الترددي في نفس اللحظة. في تقانة الدخول بتقسيم الشفرات المتعددة (CDMA) تستخدم الترددات العالية جدا (UHF) لشبكات الهاتف الجوال في مدى حزم الترددات 800 ميجاهرتز و 1.9 جيجا هرتز .

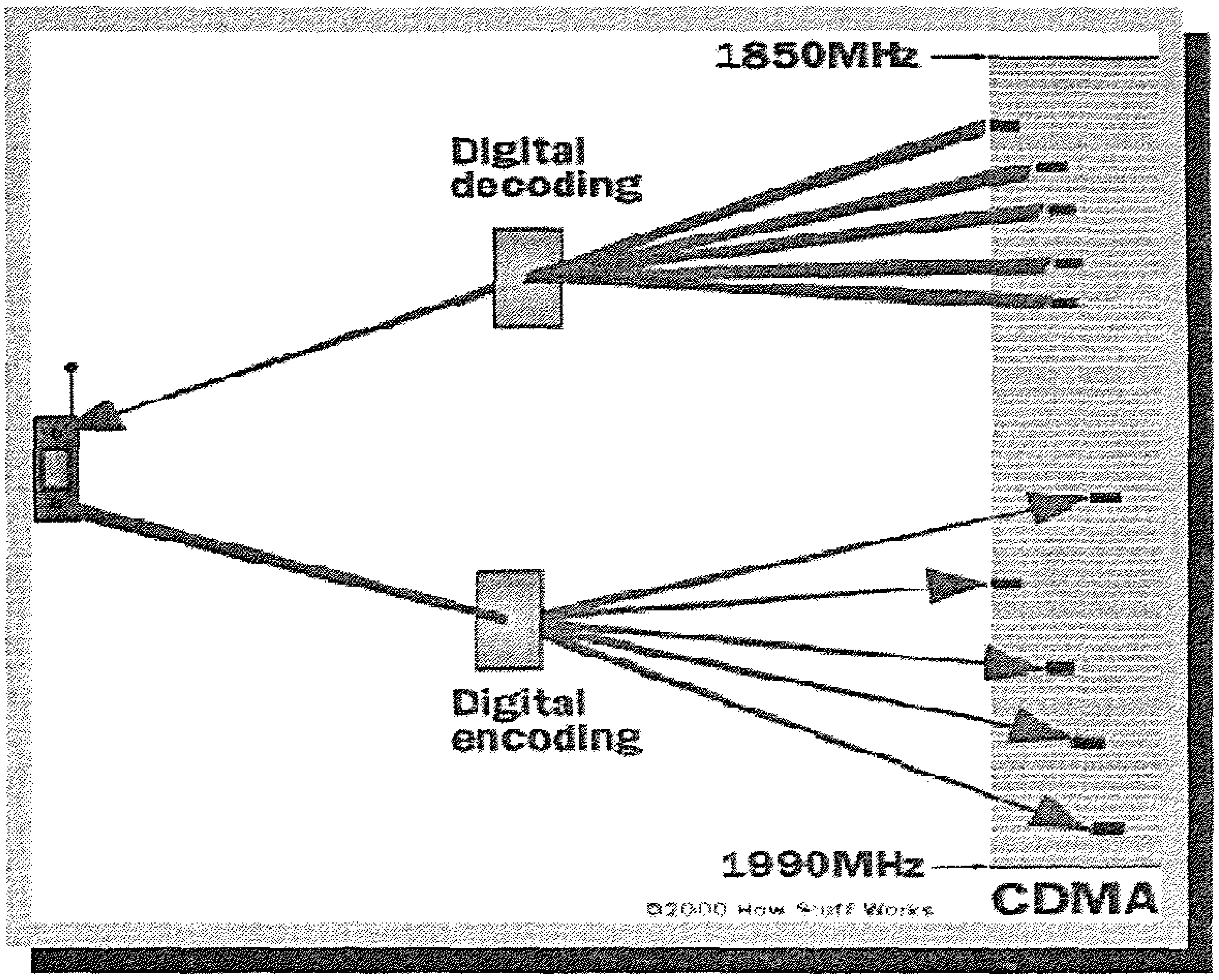
يمكن لبعض الجولات استخدام أكثر من تقانة من التقنيات المستخدمة لطريقة الدخول إلى الشبكة في تناقل المعلومات من الجوال إلى الشبكة.

الشكل (6 - 8) **الدخول المتعدد بنظام** الشفرات

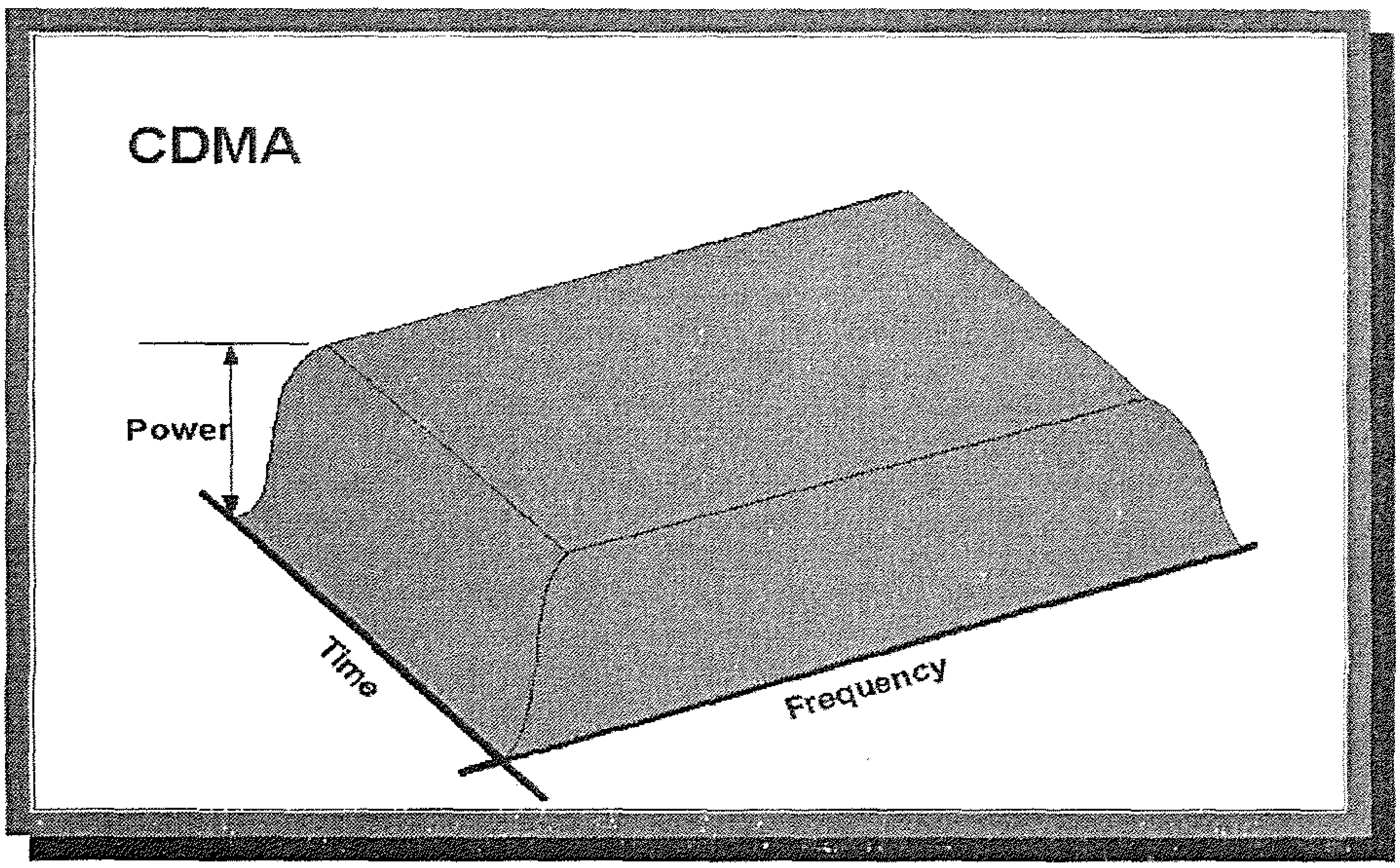
A



B


1850MHz
Digital
decoding
Digital
encoding
1990MHz
©2000 How Stuff Works
CDMA

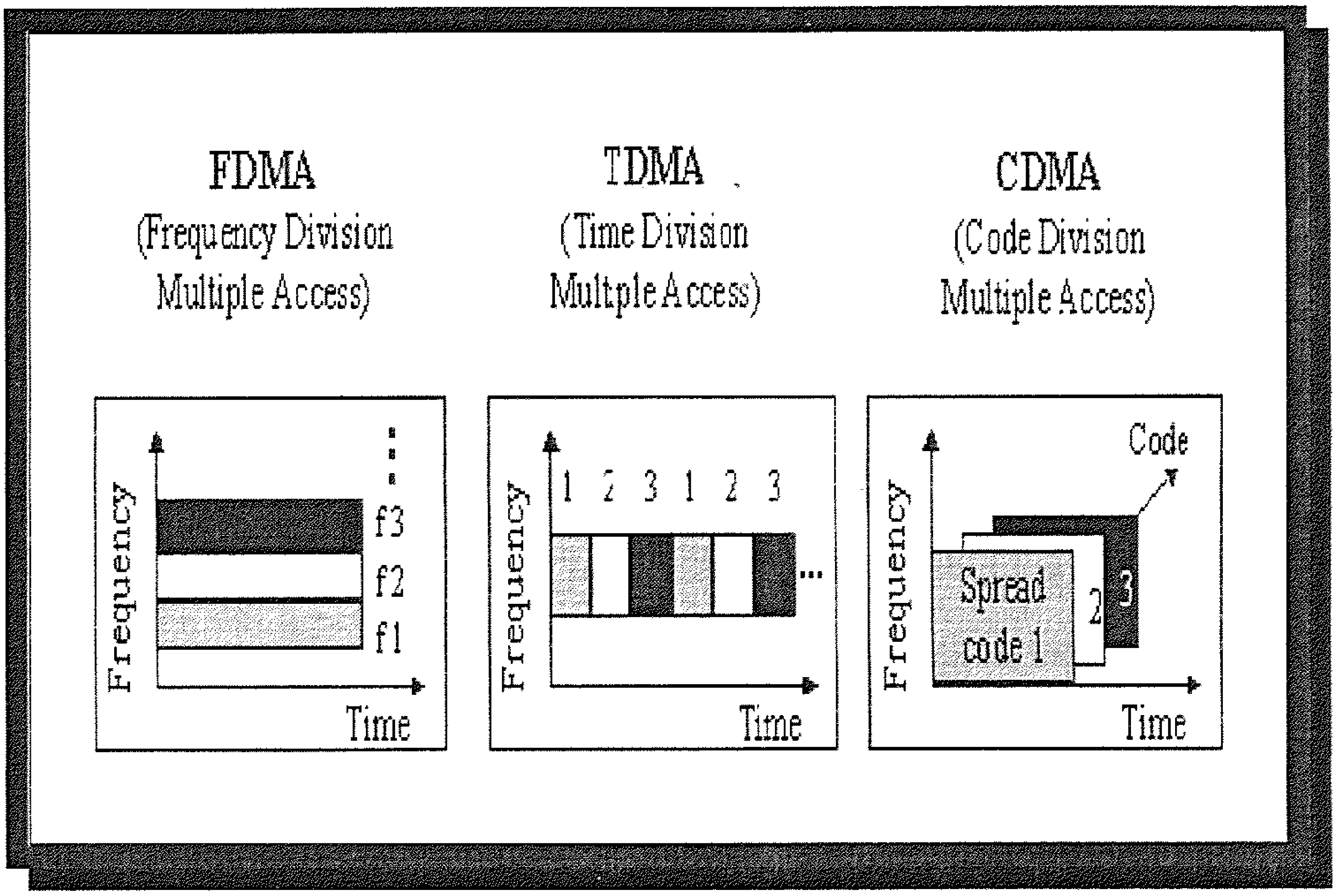
C


CDMA
Power
Time
Frequency

فمثلا الجوال الذي يعمل بتقانة TDMA يمكنه أن يستخدم هذه التقانة مع كل الأنظمة التي تعمل بالتردد 800 ميجا هرتز أو بالتردد 1900 ميجا هرتز وبذلك تكون للجوال خاصية بأنة ذي نطاق مزدوج Dual band كما يوجد أنظمة جولات GSM تعمل بخاصية النطاق الرباعي على الترددات 850 ،950، 1800 ، و1900 ميجا هرتز. **وتوجد تقانة أخرى هي تقانة** النمط المتعدد Multiple Mode شكل (6 –9) تشير هذه الخاصية إلى نوع تكنولوجيا الإرسال المستخدم فالجولات التي تعمل بتقانات AMPS و TDMA من الممكن أن تستخدم كلا من هاتين التقنيتين في استقبال وإرسال البيانات من وإلى الشبكة اللاسلكية حسب الحاجة، بمعنى لو وجد الجوال في منطقة لا يوجد فيها شبكة رقمية فإن الجوال سوف يستخدم الشبكة التماثلية فينقل اتوماتيكياً إلى خاصية AMPS ولكن بمجرد أن يصل إلى منطقة تدعم الشبكة الرقمية يعود إلى TDMA. وهناك جوال من مواصفاته العمل بثلاثة تقنيات ثلاثية أو متعددة tri-mode أي أن الجوال يعمل بالتقنيات الثلاث وهما التقنيتين الرقميتين CDMA وTDMA والتقنية التماثلية AMPS. ويعني أيضا أن الجوال يعمل بتقنية رقمية واحدة بترددين وتقنية تماثلية . الجيل الثاني للهاتف الجوال كانت المرحلة المنطقية التالية في تطوير النظم اللاسلكية بعد الجيل الأول، ولأول مرة استخدم نظام الهاتف النقال التكنولوجيا الرقمية البحتة. وزيادة الشبكات ، وخاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية داخل المدن ، اوجد الحاجة الماسة لزيادة تطور الوسائل المستخدمة لمعالجة العدد الكبير من المكالمات ، وبالتالي تجنب مخاطر التداخل وانخفاض عدد المكالمات. ورغم أن الكثير من المبادئ التي استخدمت فيG1 طبق أيضا على نظام G2 فكلاهما يستخدم نفس تركيب الخلايا. ولكن هناك اختلافات في طريقة التعامل مع الإشارات، و شبكاتG1 غير قادر على تقديم المزيد من الميزات المتقدمة لنظم G2 ، مثل هوية المتصل والرسائل النصية.

بدا إنتاج منظومات للجيل الثاني للهاتف الجوال (G2) في بداية التسعينيات من القرن الماضي ، مثل منظومات GSM, IS-136 ("TDMA"), iDEN و-IS 95 ("CDMA") وقد بدأ تطبيق أول شبكة بنظام GSM في عام 1991 في فنلندا.

الشكل (6-9)طرق تناقل المعلومات من الجوال إلى الشبكة



تتسم منظومات الهاتف الجوال للجيل الثاني بوجود دوائر التحويل الرقمي لنقل وإدخال متقدم وسريع للإشارات في شبكة الهاتف. وبشكل عام فان الترددات المستخدمة من قبل الأنظمة في أوروبا للجيل الثاني كانت أعلى على الرغم من تراكبها مع بعضها ، وعلى سبيل المثال ففي النطاق الترددي 900 ميجاهرتز المستخدم في كل من منظومات G1 و G2 في أوروبا ،والتي فسحت المجال بسرعة للمنظومات G2 بعد إغلاق النظم G1. أما في الولايات المتحدة فإن

نظام IS-54 قد وزع في نفس نطاق حزمة AMPS وحل محل بعـض القنـوات التماثلية الموجودة.

بالتزامن مع إدخال نظم G2 استبدلت الهواتف الأكبر بهواتف محمولة صغيرة لا يتجاوز وزنها 100 – 200غم ، والتي سرعان ما أصبحت هـي الـسائدة فـي السوق. وسبب هذا التغيير هو التحسينات التكنولوجية المستخدمة في هـذا الجيـل مثل استخدام بطاريات أكثر تقدما والالكترونيات أكثر كفاءة في اسـتخدام الطاقـة لوصول الإشارة للأبراج البعيدة من اجل أن يقتنع العملاء.

واحدة من النظم الرقمية الناجحة للجيل الثاني هي خدمات نظام GSM التجـاري التي استطاعت أن تبدأ العمل في أوروبا في منتصف عام 1991. نظـام GSM قادر على استخدام أي من المديات الثلاثة للترددات 900 و 1800 , و 1900 ميجاهرتز ، والكثير من هواتف GSM يمكن أن تخلق حزم مزدوجة التـردد أو حزم ثلاثية التردد ، حيث أنها قابلة للتكيف مع النظام المحلي للتردد في المنطقـة التي يتنقل عن خلالها المستخدمين. في نظام GSM 900 ميجاهرتز ، علـى سبيل المثال ، يستخدم نطاق ترددي عرضة 25 ميجاهرتز. الحزمة ذات المـدى الترددي 890 –915 ميجاهرتز مخصصة للاتـصالات المتنقلـة مـن المحطـة الرئيسية إلى محطة الجـوال ، والحزمـة ذات المـدى التـرددي 935 – 960 ميجاهرتز مخصصة للاتصالات المنتقلة من المحطة الرئيسية إلى محطة الجوال. كل حزمة تنقسم إلى 124 ناقل للترددات والتي تتباعد بمقدار 200 كيلو هرتـز ، بشكل مماثل لطريقة FDMA المستخدمة في نظم الجيل الأول . ومن ثم فـإن كل تردد ناقل باستخدام TDMA مقسم إلى ثمانية أقسام كل قسم يحتوي علـى 577 حيز زمني كل واحد منها تمثل قناة اتصال واحدة . المجموع الكلـي لعـدد القنوات المتاحة هو 124 x 8 ، ونظريا فان الحد الأقصى من المحادثات 992 في وقت واحد . يستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية شكلا مختلفا مـن نظـام TDMA يعرف بنظام IS-136 D-AMPS ، وهناك نظام أخـر يـستخدم فـي

الولايات المتحدة الأمريكية يطلق عليه نظام (CDMAone) IS-95 ، والذي هو رمـــز لتقـــسيم الطيـــف لعـــدد مـــن حـــالات الـــدخول لنظـــام (CDMA) ،ونظام(CDMA)هو الأسلوب المتبع في أنظمة الجيل الثالث G 3.

ادخل الجيل الثاني متغيرات جديد في الاتصال مثل الرســائل النــصية القــصيرة SMS التي طبقت في البداية على شبكات GSM ثم طبقت بعد ذلك على جميع الشبكات الرقمية. أول آلة لتوليد وأرسل الرسالة النصية القــصيرة أرســلت إلــى المملكة المتحدة في عام 1991. وأول الرسائل النصية القصيرة من شخص لأخر أرسلت في فنلندا في عام 1993. وسرعان ما أصبحت الرسائل القصيرة طريقــة الاتصال التي يفضلها الشباب و الجمهور بدلا المكالمات الصوتية. الجيل الثاني له القدرة أيضا على عرض المحتوى الإعلامي على الهواتف الجوالة. و كانت فنلندا أول بلد يظهر فيه الإعلان على الهواتف الجوالة حيث تظهــر عنــاوين الأخبــار اليومية على خدمة الرسائل النصية القصيرة .

الجيل الثاني ونصف 2.5G

2.5G هو نمرحلة التحول بين الجلين 2G و3G. مصطلح "الجيل الثاني ونصف" يستخدم لوصف نظام الجيل الثاني 2G الذي يستخدم تبــديل حزمــة المجــال packet switched domain بالإضافة إلــى تبــديل دائــرة المجــال circuit switched domain . ومع ذلك فإنه لا يوفر بالضرورة أسرع الخدمات لأنه يتم استخدام التجميع لفترات زمنية من خدمات البيانات المنقولة بالدائرة كذلك.

ان كل من الجيلين الاول والثاني معرفة رسميا، فان الجيل "2.5G " ليس كــذلك. وقد اخترع هذا المفهوم أغراض تسويقية فقط.الجيل 2.5G يوفر بعــض مزايــا الجيل الثالث (تبديل حزمة المجال) ويمكن استخدام بعض البنــى التحتيــة للجيــل الثاني الموجودة في شبكات GSM و CDMA . الجيل 2.5G يستخدم تقنيــة GPRS. بعض البروتوكولات، مثل CDMA في النظام GSM، و البروتكول CDMA2000 1x-RTT في النظام CDMA وبذلك يــصبح رســميا مــؤهلا

كخدمات الجيل ثالث (لأن معدل بياناتة تصل الى 144 Kbps)، وبالرغم مـــن ذلك يبقى هذا الجيل والجيا 2.75G أبطأ كثيرا من الجيل الثالث 3G.

الجيل 2.75G

الهاتف الجوال من الجيل الثاني هو دائرة رقمية للهاتف الجوال. الهاتف الجوال من الجيل الثالث 3G هو كذلك هاتف رقمي يتعامل مع البيانات السريعة وفقا لمعيـــار واحدة كونه عضوا في أسرة الاتصالات المتنقلة الدوليـــة - IMT-2000 مـــن معايير. بعد أن تم تعريف هذه المصطلحات، تمت إضافة حزمة التبديل البطـــيء الى معايير الجيل الثاني وسمي الجيل الناتج 2.5G. الجيل 2.75G هو المصطلح الذي وضع للأنظمة التي لا تستوفي متطلبات الجيل الثالث ولكن يتم تسويقها كمـــا لو أنها من الجيل الثالث (مثل CDMA-2000 دون الناقل المتعـــدد) مـــصطلح الجيل 2.75G لم يحدد رسميا في أي مكان، ولكن اعتبارا من عام 2004 استخدم المصطلح في كثير من الأحيان في تقارير وسائل الاعلام.

6- 4 الجيل الثالث للهاتف الجوال G3

يعتبر الجيل الثالث من الهاتف الجوال من التكنولوجيات الحديثة للاتصالات اللاسلكية، لأنة يعد جوال الوسائط المتعددة multimedia cell phone. وتسمى هذه الجوالات بالجوالات الذكية ويمتاز بقدرته على تبادل البيانات بسرعة كبيرة ليساعد المستخدم لتصفح الانترنت بسرعة كبيرة كما يمكن إرسال واستقبال الرسائل الصوتية والفيديو. ويتعامل مع البيانات والصوت والصورة معا بسرعة تبلغ 2.5 كيلو بايت/ ثانية . وتستخدم شبكات الجيل الثالث G3 عدة تقانات لتبادل المعلومات بينها وبين الجوال وهذه التقانات هي :

وقد تم تقسيم انظمة الجيل الثالث في العالم إلى ثلاث انظمة :.

1 – النظام العالمي الهاتف الجوال

UMTS (Universal Mobile Telephone System)

والذي يكون على أساس تكنولوجيا W-CDMA، هو الحل المفضل عموما من

جانب البلدان التي تستخدم GSM والتي تتمركز في أوروبا. يدار **النظام العالمي الهاتف الجوال** من قبل منظمة 3GPP والتي هي مسؤولة أيضا عن .GSM و .EDGE, GPRS,

وتعتبر FOMA، التي أطلقتها اليابان عام 2001 الخدمة الأولى التجارية في العالم للجيل الثالث.

2-نظام الدخول المتعدد بالتقسيم الكودي المتطور (CDMA2000)

والذي يعتمد على تطوير تقانة الدخول المتعدد بنظام الشفرات (الكود)(CDMA) المستخدمة في الجيل الثاني في النوع الاخر من نظام الجيل الثالث هو CDMA 2000 ، وهذا النظام استخدم خارج منطقة GSM في الأمريكتين واليابان وكوريا. وهذا النظام يدار من قبل 3GPP2 ، وهو منفصل ومستقل من .UMTS's 3GPP

3 – نظامTD– SCDMA

نظام الدخول المتعدد بالتقسيم الكودي المتزامن مع التقسيم الزمني TD-SCDMA Time - Division - Synchronous Code Division Multiple Access) وهذا النظام لم يستخدم في بدايته عام 2005 بشكل عالمي وقد جري تطويره في جمهورية الصين الشعبية من قبل الشركات وداتانغ وسيمنز. Datang and Siemens

شبكات الجيل الثاني بنيت أساسا للمكالمات الصوتية والبـــث البطـــيء. بـــسبب التغيرات السريعة في تكنولوجيا الاتصالات فقد تم التطور من الجيل الثاني إلـــى الجيل الثالث ويمكن تقسيم التطور إلى المراحل التالية :

أول خطوة رئيسية في التطور نحو G3 حصلت مع إدخال خدمة حزمة الراديـــو العامة (GPRS)General Packet Radio Service. لذلك فإن الجمـــع بـــين الخدمات الجوالة مع الخدمة GPRS سمي الجيل G2.5. الخدمة GPRS يمكن أن توفر بيانات تتراوح بين 56 كيلو بايت / ثانية إلى 114 كيلوبايت / الثانية.

لذلك يمكن استخدامها للخدمات مثل بروتوكول التطبيقـات اللاسـلكية (WAP)، خدمة الرسائل القصيرة ، خدمة الرسائل متعددة الوسائط (MMS)، شبكة خدمات الإنترنت ، البريد الإلكتروني والوصول إلى الشبكة العالمية. نقل البيانات بواسطة خدمة GPRS عادة ما تحسب كلفتها لنقل كل ميجابايت ، في حين نقل البيانـات عبر الدوائر التقليدية تحسب على أساس كل دقيقة من وقت الاتصال ، بـصرف النظر عن ما إذا كان المستخدم يستعمل السعة اجمعها ، أو في حالـة معطلـة. GPRS هي أفضل خدمة لحزمة التحويل ، على عكس دوائر التحويـل circuit switching ، حيث أن خدمات جودة محددة مضمونة أو موكدة خلال الاتـصال لغير مستخدمي الجوال. وهي توفر سرعة نقل معتدل للبيانات ، عن طريق الزمن المجزئ للمنافذ المتعددة غير المـستخدمة للقنـوات Time division multiple access (TDMA). في البداية كانت تلك التقنيات موحدة من قبل معهد المعـايير الأوروبية للاتصالات السلكية واللاسلكية (ETSI) ، ولكن الآن اسـتخدمت هـذه التقنية من قبل مشروع شراكة الجيل 3GPP . تطورت شبكات GPRS لـشبكات EDGE باستعمال الترميز PSK8. تعزيز معدلات البيانات إلـى GSM لتطـور EDGE ، وتعزيز GPRS (EGPRS) ، أو IMT . ألناقل المنفرد (IMT-SC) متوافقة عكسيا backward-compatible مع التكنولوجيا الرقمية والهواتـف الجوالة التي تتيح نقل البيانات وتحسين معدلاتها كامتداد فوق تقنية GSM . يمكن اعتبار EDGE تكنولوجيا رقمية للجيل G3 و جزء من تعريـف G3 الـذي وضعة الاتحاد الدولي للاتصالات ، ولكنها في أغلب الأحيان يشار إليها بالجيـل G2.75. لقد نشرت EDGE على شبكات GSM في بداية 2003 في الولايات المتحدة. تم توحيد EDGE من قبل GPP3 كجزء من عائلة شبكة GSM، وقد تم زيادة سعة شبكات GSM/GPRS بمقدار ثلاثة إضعاف. حققت هذه المواصفات معدلات أعلى للبيانات عن طريق التحول إلى أسـاليب أكثـر تطـورا للترميـز (PSK8) .يمكن استخدام EDGE في أي تطبيق لتحويل الحزمة ، مثل الانترنت

والفيديو وغيرها من الوسائط المتعددة. باستعمال شبكات EDGE و إدخال شبكات UMTS نتوصل إلى تكنولوجيا G3 والتي عرض حزمتها 5 ميجاهرتز.

بعد وقت قصيرة من استخدام شبكات الجيل الثاني بدأت المشاريع لتطوير نظام جديد لشبكات الجيل الثالث للهواتف الحرارية. وقد دفع المتنافسين استخدام التكنولوجيات الخاصة بها والتي لها العديد من المعايير المختلفة تماما عن الجيل الثاني ، و معنى الجيل الثالث توحيد المقياس وتجهيزها. هذه العملية لا توحد التكنولوجيا ، وإنما تضع مجموعة من الشروط (مثل استخدام 2 ميجابايت/الثانية كحد أقصى لمعدل البيانات في الداخل ، 384 كيلو بيت / ثانية في الخارج). في تلك المرحلة ،فان الرؤية القياسية الموحدة في جميع أنحاء العالم قد انهارت وأدخلت عدة معايير مختلفة.

قبل متابعة الجيل الثالث G3 ، فإنه من المفيد النظر في كل عملية من العمليات الهوائية البينية air interfaces الثلاث التالية .

أولا : يجب أن نتذكر أن النقل بالهاتف الجوال يتم عبر موجات راديوية مضمنة ترددياً FM بحوالي 400 زوج من القنوات الراديوية.

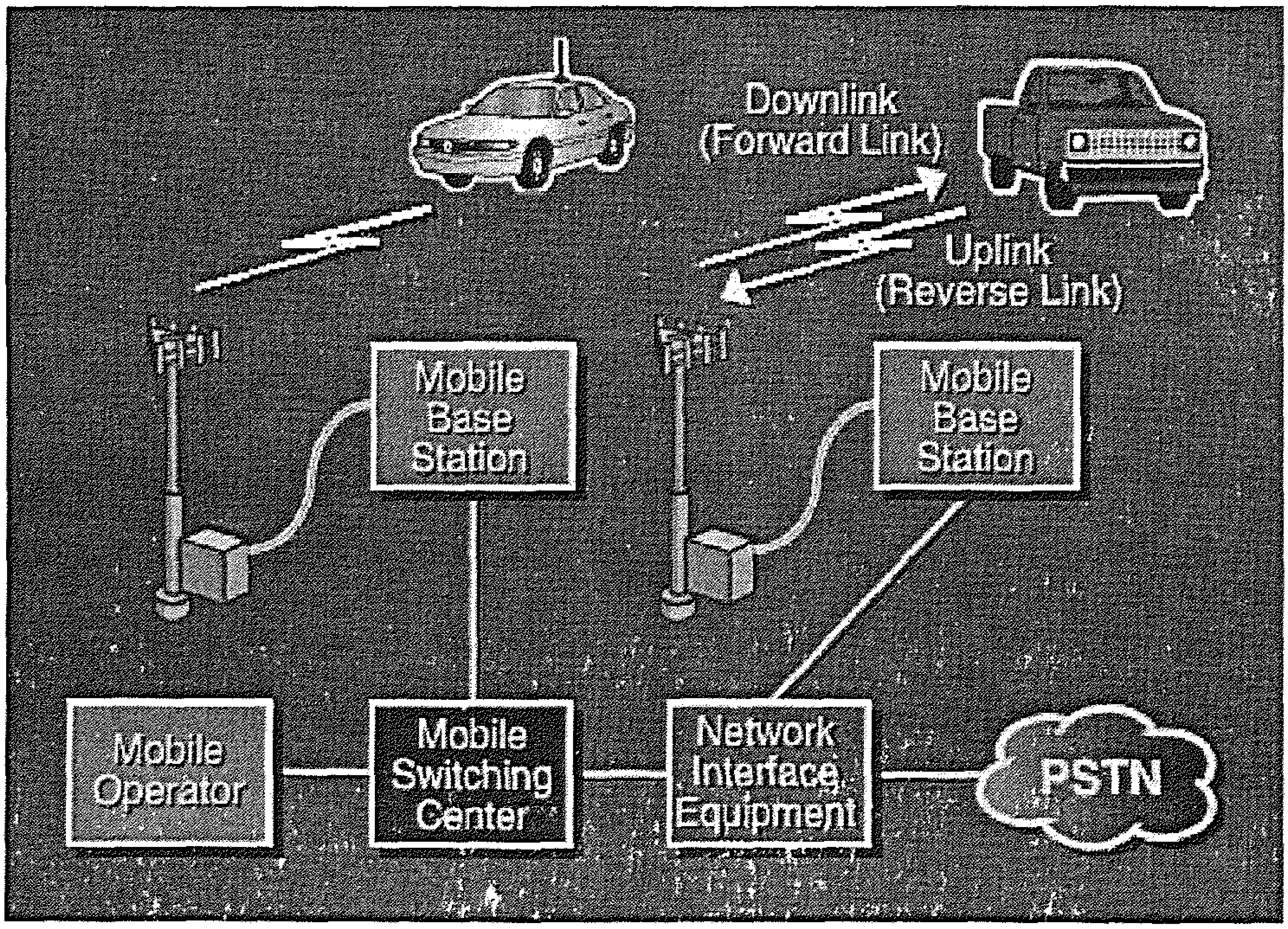
ثانيا : هذه القنوات مزدوجة بحيث ان قناة واحدة من الهاتف الجوال تنتقل إلى المحطة الارضيه ،والقناة الثانية تنتقل من الهاتف الجوال الى المحطة الارضيه وهذا يتيح الاتصال المزدوج. في الشكل (6 – 10) نشير إلى البينية الهوائية حيث الإرسال والاستقبال.

ثالثا : هناك اتجاهين للسيطرة على القنوات التي تسيطر على القناة الصوتية. ويحتاج إلبينية الهوائية التي يتم من خلالها تخصيص قناة صوتية لعدد من المستخدمين في وقت واحد.

أول شبكة للجيل الثالث للهاتف الجوال وقبل المحاولات التجارية أطلقت من قبل مجموعة NTT doComo واستعملت في اليابان في مدينة طوكيو في مايو

2001. تم أطلقت أول شبكة تجارية للجيل الثالث في 1 أكتوبر 2001 ، وذلك باستخدام تكنولوجيا WCDMA. في عام 2002 أول شبكات الجيل الثالث المنافسة CDMA2000 1xEV أطلقتها شركة الاتصالات SK وKTF في كوريا الجنوبية ، ومونتي في الولايات المتحدة والتي أشهرت إفلاسها. وبحلول نهاية عام 2002 الشبكة الثانية WCDMA بدأت في اليابان من قبل شركة فودافون KK. في أول مارس أطلقت الدول الأوروبية الجيل الثالث في ايطاليا والمملكة المتحدة قبل لمجموعة هوتشيسون Hutchison. شهد عام 2003 . مزيدا من عمليات الإطلاق التجارية تمثلت بثمانية من الجيل الثالث ، وستة إضافية من WCDMA واثنين أخريين على EV-DOالقياسية.

الشكل (6 - 10) توضيح النظام الاسلكي في الاتصال المزدوج



خلال تطوير أنظمة الجيل الثالث فان أنظمة G2.5 مثـل نظـم **CDMA2000 1xRTT** و GPRS قد وضعت كامتداد لشبكات G2 من اجل وضـع بعـض ملامح الجيل الثالث ولكن بدون تحقيق معدلات عالية للمعلومـات أو مجموعـة كاملة من الخدمات المتعددة. نظم CDMA2000 - 1X توفر من الناحية النظرية السرعة القصوى من البيانات التي تصل إلى 307 كيلوبايت/ ثانية. وبعد ذلك فان نظام EDGE يغطي نظريا الاحتياجات اللازمة لنظام الجيل الثالث . في نهاية عام 2007 كان هناك 295 مليون مشترك في جميع أنحاء العالم على شبكات الجيـل الثالث ، والتي تعكس 9 ٪ من إجمالي عدد المشتركين في جميع أنحـاء العـالم. نحو ثلثي هذه الاشتراكات على المعيار WCDMA وثالثها على المعيار EV-DO . فإن الجيل الثالث للاتصالات وفر أكثـر مـن 120 مليـار دولار مـن الإيرادات خلال عام 2007 في العديد من الأسواق ومعظم الهواتف الجديدة المفعله كانت هواتف الجيل الثالث. في اليابان وكوريا الجنوبية لم تعد في السوق هواتـف الجيل الثاني. في وقت سابق من هذا العقد كانت هناك شكوك حول مـا إذا كـان يمكن الوصول إلى الجيل الثالث ، وكذلك ما إذا كان ينجح تجاريا. بحلول نهايـة عام 2007 كان من الواضح أن الجيل الثالث هو حقيقة واقعـة و مـشروع ذات ربحية.الجيل الثالث لشبكات الهواتف الجوالة هي آخر مرحلة من مراحل تطـور تكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية. الخواص الأساسية للجيل الثالث هـو المعـدلات الكبيرة لنقل البيانات وزيادة القدرة على العرض ، مما يجعلها مناسـبة للبيانـات عالية السرعة ، فضلاً عن التطبيقات التقليدية للمكالمات صوتية. في الواقع فـان الجيل الثالث مصمم لمعالجة البيانات ، حيث أن الإشارات الصوتية يتم تحويلها إلى بيانات رقمية ، وهذه النتائج يجري التعامل معها في بنفس الطريقة التي تعامل بها أي شكل آخر من أشكال البيانات. نظم الجيل الثالث تستخدم ما يسمى بتكنولوجيـا حزمة التحويل (Packet – switching technology) ، والتي هي أكثر كفاءة

وأسرع من محولات الدائرة الكهربائية التقليدية ، لكنها مختلفة بعض الشيء وتتطلب بنية تحتية لنظم G2.

فوائد الحصول على أعلى معدلات للبيانات ، وزيادة عرض النطاق الترددي يعني أن الهواتف الجوالة للجيل الثالث يمكن أن تتيح للمشتركين مجموعة واسعة من خدمات البيانات ، مثل الوصول إلى الإنترنت وتطبيقات متعددة أخرى. مقارنة بالهواتف الجوالة للأجيال السابقة، فان الجيل الثالث لشبكات الهواتف الجوالة يوفر العديد من الميزات الجديدة ،وإمكانيات الخدمات الجديدة لا حدود لها تقريبا ، بما في ذلك العديد من التطبيقات مثل عقد المؤتمرات عن طريق الفيديو وتصفح الإنترنت والبريد الإلكتروني ، والمناداة والفاكس ، والخرائط الملاحية .

الجيل الثالث من اتصالات الجوال المعياري قد برمج في الأصل من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) في إطار مشروع IMT-2000 ، والتي ولدت مجموعة من المعايير لاستخدامها في أجهزة وشبكات الجيل الثالث، وتعرف عموما تحت عنوان المنظومات ألعالمية للاتصالات الحرارية (Universal Mobile Telecommunication System) (UMTS)
نطاقات التردد التي تم تحديدها لهذا النظام هي 1885-2010 ميجاهرتز و2110-2200 ميجاهرتز ، والحاجة لطيف الترددات الإضافية لمواجهة الطلب المتوقع في المستقبل قد اخذ بنظر الاعتبار وتم مناقشته في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية في مايو 2000. بعض المواصفات سمحت بعض الاختيار في التضمين للاستخدام ولكن الخيار الرئيسي المتوقع سيكون (CDMA). قنوات التردد سيكون عرض حزمتها 5 ميجاهرتز كما في GSM ، حيث يمكن استخدامها من قبل عدد من المستخدمين في نفس الوقت. ومع ذلك ، في CDMA فان الإرسال يؤشر "labeled" بواسطة الترميز المخطط والذي يكون مختلفا لكل مستخدم. ونظرا

لأن جميع البث يحدث في نفس الوقت ، فان التغيرات التي تطرأ على سعة الموجة الحاملة تكون عشوائية (تشبه الضوضاء)

أنظمة الجيل الثالث G3 ينبغي أن تعمل في مدى طيفي مقبول عالميا ، ويقدم مجموعة

من الخدمات مثل الصوت ،البيانات ، وخدمات الوسائط المتعددة. من الناحية التقنية فان ألمستخدم الثابت يعمل في الخلايا الدقيقة Pico cell ، حيث تصل معدل البيانات إلى 2.048 ميجابايت / الثانية. أما المستخدمين المشاة الذين يعملون في الخلايا الصغيرة micro cell فتكون معدلات البيانات تصل إلى 384 كيلو بايت /الثانية ، اما للمستخدمين المتنقلين بالمركبات فانهم يعملون في الخلايا الكبيرة macrocel. ، معدلات البيانات تصل إلى 144 كيلو بايت. ويبين الشكل (6 – 11) العلاقة بين مختلف مجالات الخدمة للنظام IMT-2000 . والجزء الحرج من هذا النظام هو توفير حزمة التحويل packet-switched لخدمات البيانات.

اليابان هي أول بلد أدخل نظام الجيل الثالث لان الشبكة لان اليابانيةPDC أصبحت تحت ضغوط كبير وقاسية نتيجة للاستخدام الواسع في اليابان للهواتف الحرارية الرقمية. وخلافا لأنظمة GMC ، التي وضعت مختلف السبل للتعامل مع الطلب على تحسين الخدمات ، فان اليابان لم يمر بمرحلة النظام 2.5G لتعزيز المرحلة لردم الهوة بين الجيل الثاني والجيل الثالث ، وبالتالي فان الانتقال إلى المعيار الجديد هو بمثابة حل لمشاكل قدرتهم على استيعاب الإعداد الكبيرة من المشتركين.

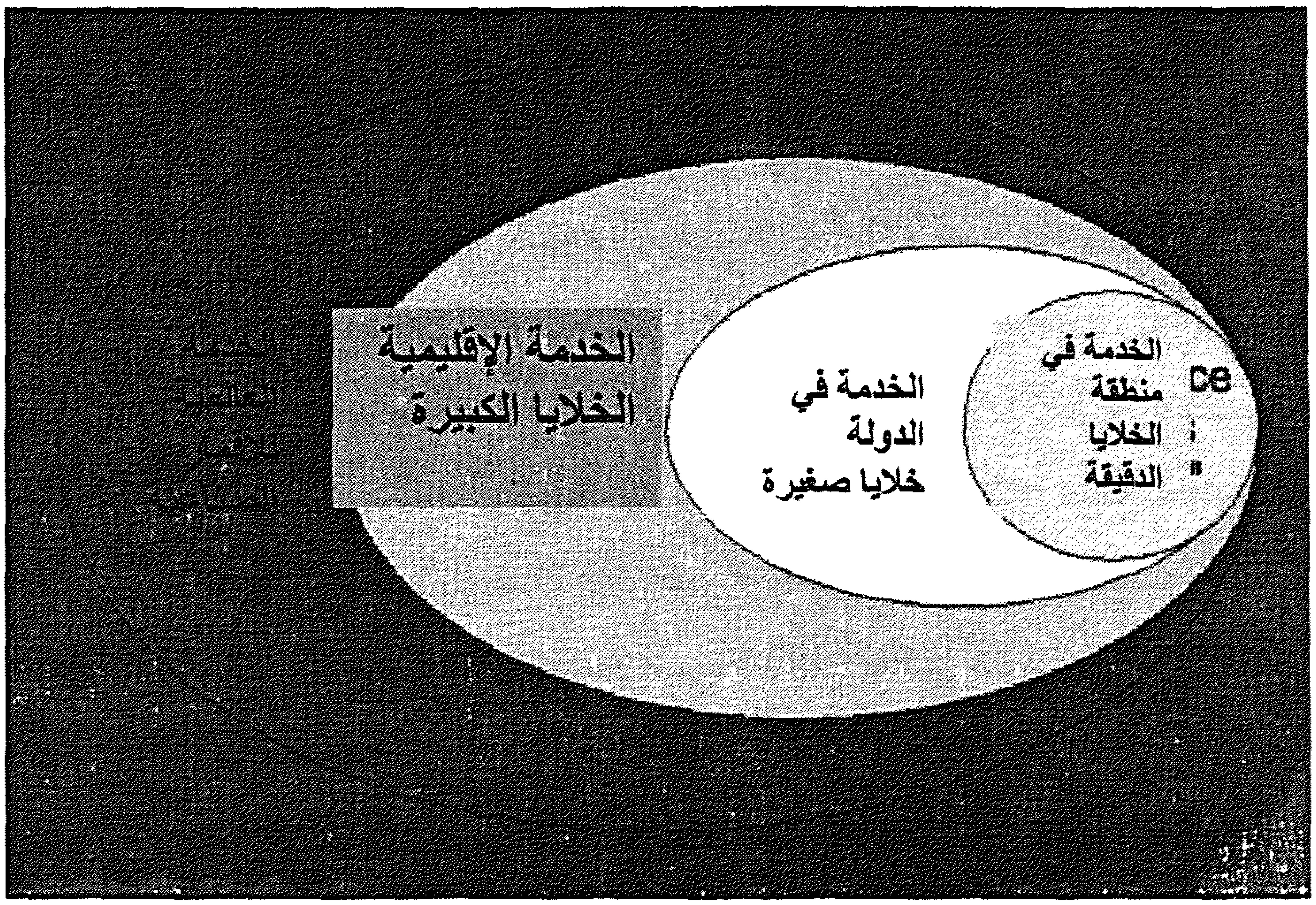
على الرغم من وجود أكثر من نظام، فان IMT-2000 سوف تصبح ذات مواصفات موحدة وعالمية لنظام الجيل الثالث، وهذا لم يحصل في الممارسة العملية ،لذلك وضعت ثلاث صيغ مختلفة من أنظمة الجيل الثالث. هذا هو مفهوم

المسار التطوري الذي دعا شركات الاتصالات الرائدة في استثمار مبالغ ضخمة من الموارد ضمن شبكة البنية التحتية ، وأنها ليست عملية سهلة لمجرد التغيير من نظام إلى آخر. التكنولوجيا الرئيسية لأنظمة الجيل الثالث الحرارية تشمل التكنولوجيات UMTS ،CDMA2000 ، و التكنولوجيا الأوروبية المستمدة من UMTS مع استخدام تكنولوجيا الحزم العريضة (W – CDMA) CDMA التي اختارت هذا النهج ، بينما في الولايات المتحدة الأمريكية فقد تم تطوير شبكة cdmaOne ورفع مستواها لتصبح قريبة من النظام CDMA2000. لقد تم القبول بأن CDMA هي التكنولوجيا المتقدمة للبث ، عند مقارنتها مع التقنيات القديمة المستخدمة في نظم WCDMA والتي تزيد من كفاءة استخدام الطيف المتاح ، لأن تقنية TDMA المستخدمة في GSM تمكن جميع المحطات الارضيه من استخدام نفس التردد. في منظومات WCDMA تتقسم البيانات لحزم منفصلة ، ثم تنقل باستخدام تكنولوجيا علبة التحويل ، هذه الحزم تعاد حسب التسلسل الصحيح في نهاية المستقبل عن طريق استخدام الشفرة التي ترسل مع كل حزمة.

WCDMA لديها مشكلة جدية ،تحصل بسبب الحقيقة القائلة بأن المزيد من المستخدمين في وقت واحد مع المحطة الارضيه، يؤدي الى حصول ظاهرة تعرف باسم " تنفس الخلية " “cell breathing” . هذا يعني أن المستخدمين يتنافسون على القدرة المحدودة لمحطة الإرسال ، والتي يمكن أن تقلل من مدى الخلية W-CDMA و CDMA2000 ،قد صممت إلى تخفيف حدة هذه المشكلة.

الجيل الثالث من الهواتف الجوالة كذلك يهدف لخدمة التجوال العالمي(Roaming) في جميع أنحاء أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان ، وستكون متاحة على نطاق واسع في كثير من البلدان بدا من عام 2004.

الشكل (6 - 11) خدمات المنطقة للنظامIMT-2000



المقصود بالتجوال هو الانتقال من خلية إلى أخرى خارج نطاق شركة ذلك الهاتف ويمكن لخلايا الشركة الأخرى التي يتم التجوال عندها ان تتعرف على نظام الشفرات للجوال المشارك بخدمة التجوال . ولكن هناك مشاكل نظرا للمعايير المختلفة ، وهكذا فإنه لا يزال من الضروري أن يكون للهواتف تقنية الحزم المتعددة أو الأنواع المتعددة لغرض التجوال على نطاق واسع. الهاتف 3G قد يستفاد من وجود شبكات 2G و 2.5G عندما لا تكون خدمة الجيل الثالث متوفرة. ترددات التشغيل للعديد من أنظمة الجيل الثالث عادة ما تستخدم أجزاء من طيف الترددات اللاسلكية في المنطقة التي تقرب من 2GHz في نظام (IMT-2000) ،والتي لم تكن متاحة لمشغلي أنظمة 2G ، ولذلك تكون بعيدة عن حزم الترددات المزدحمة المستخدمة حاليا لشبكات 2G و 2.5G أنظمة UMTS مصممة

لتوفير مجموعة من البيانات ومعدلات ، تعتمد على ظروف المستخدم ، وتوفير ما يصل إلى 144 كيلو بايت/ ثانية للتحرك إلى 384 كيلو بايت / الثانية وتصل إلى 2 ميجابايت / الثانية للمستخدم في الداخل أو الثابت. وفي الضد من ذلك فإن معدلات البيانات الأساسية التي تدعمها شبكات 2G هي 9.6 كيلو بايت فقط ، كما هو الحال في GSM التي لم تكن كافية لتقديم أي خدمات رقمية متطورة

الانتقال من خدمة حزمة الراديو العامة (GPRS) إلى الخدمات العالمية للاتصالات(UMTS)

يمكن إعادة استخدام العناصر التالية،من شبكة GPRS:

- سجل موقع المنزل (HLR)
- سجل زوار موقع (VLR)
- هوية معدات التسجيل (EIR)
- مركز التحويل النقال (MSC)
- مركز التوثيق (AUC)
- خدمة GPRS لدعم العقدة (SGSN)
- بوابة GPRS لدعم العقدة (GGSN)

من أجل خدمة الجوال العالمية (GSM) وشبكة الاتصالات الراديوية ، يمكن إعادة استخدام العناصر التالية:

- قاعدة محطة التحكم (**BSC**)
- قاعدة محطة الإرسال (BTS)

يمكن البقاء في الشبكة والتي تستخدم في تشغيل شبكة مزدوجة حيث شبكة G2 وشبكات الجيل الثالث G3 يمكن ان تبقى بينما تنتقل الشبكة والمحطات الجديدة لشبكات الجيل الثالث G3 تصبح متاحة للاستخدام في الشبكة.

فإن شبكة UMTS تدخل عناصر جديدة للشبكة التي تعمل على النحو الذي يحدده GPP3 :

- المسيطر على الشبكة الراديوية (RNC)
- العقدة B للمحطة الارضيه
- بوابة الإعلام (MGW)

وظائف MSC و SGSN تتغير عند الانتقال الى UMTS . في نظام GSM تتولى MSC جميع دوائر تحويل العمليات التي تربط بين النهايتين A و B للمشتركين خلال الشبكة. SGSN تتعامل مع جميع عمليات تحويل الحزمة ونقل البيانات في الشبكة. في UMTS فان بوابة الإعلام (MGW) تكون مسؤولة عن نقل جميع البيانات في كل من الدوائر وحزم تحول الشبكات. MSC وSGSN تسيطر على عمليات MGW .أما العقدة فيعاد تسميتها إلى خدمة MSC و خدمة GSN.

شبكات الجيل الثالث G3 تتيح قدرا أكبر من الأمن عما للجيل الثاني G2السابقة. من خلال السماح UE لتوثيق الشبكة و يمكن للمستخدم ان يتاكد من أن هذه الشبكة هي الشبكة المطلوبة. شبكات الجيل الثالث G3 تستخدم الشفرة KASUMI بدلا من الشفرات القديمة A5 / 1 . غير أن عددا من نقاط الضعف الخطيرة في الشفرات KASUMI قد تم تحديدها. إضافة إلى ذلك فان أمان البنية التحتية لشبكة الجيل الثالث G3 كبيرة. على الرغم من نجاح (G3) المقدم للمستخدمين في جميع أنحاء العالم ، هناك بعض القضايا التي ناقشها المقدمين والمستخدمين حول الجيل الثالث G3:

- الرسوم الباهظة لخدمة الجيل الثالث G3 والاتفاقات والتراخيص .

- العديد من الاختلافات في شروط الترخيص.
- كمية كبيرة من الاعتراضات التي يتعرض لها حاليا العديد من شـركات الاتصالات ، مما يجعله يشكل تحديا لبناء البنية الأساسية اللازمة للجيـل G3
- عدم وجود دولة من الدول الأعضاء تقديم الدعم المالي.
- غلاء هواتف الجيل الثالث G3.
- عدم قبوله من جانب مستخدمي هواتف G2 للهواتف الجديدة للجيل G3 .
- عدم وجود التغطية ، لأنها لا تزال خدمة جديدة .
- ارتفاع أسعار خدمات الهاتف النقال (G3) في بعض البلدان ، بمـا فيهـا الوصول إلى الإنترنت

6- 5 الجيل الرابع للهاتف الجوال G4

G4 هو المصطلح للتعبير عن الجيل الرابع للهواتف الحرارية .مرحلـة المـدى العريض لحزم لاتصالات اللاسلكية الحرارية يتفوق على الجيـل الثالـث (G3). علما بأنة معايير الهيئات أو الانتقال لم تتفق على تحديد أو تعريف دقيق للجيل G4 . من المتوقع أن تكون من بين السمات المميزة لخواص هذا الجيل هـي الجـودة العالية للفيديو. شبكات الجيل الرابع من المحتمل أن تستخدم مزيج من WiMAX و Wi1. – FIi .التقانات التي تستخدمها G4 يمكن أن تشمل مستقبلات البـرامج الراديوية المحـددة– (Software Defined Radio) SDR–، تقـسيم التـردد المتعامد المـضاعف (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) OFDM– ، تقـسيم التـردد المتعامـد المـضاعف الـدخول (Orthogonal OFDMA Frequency (Division Multiple Access، و تكنولوجيـات (المدخلات والمخرجات المتعـددة) MIMO، UMTS و TD - SCDMA .
كل طرق التوصيل هذة مقولبه typified بمعدلات نقل عالية للبيانات وطريقـة

تحويل الحزمة لبروتوكولات الانتقال . وعلى النقيض من ذلك فـــان، تكنولوجيـــا الجيل الثالث G3، تعتمد على طريقة تحويل حزمة محولات الدائرة الكهربائيـــة للشبكات.عندما تنفذ التقنية بالكامل ، فمن المتوقع أن الجيل G4 يؤدي لانتـــشار الكمبيوتر ، والذي يوفر توصيلات متتالية الى شبكات متعددة فائقة السرعة تـــوفر اتصال يدوي روتيني سلس في جميع أنحاء المنطقة الجغرافية. مشغلي الـــشبكات يمكنهم استخدام التكنولوجيات المعرفية مثل الراديو والشبكات اللاســـلكية لـــضمان الاتصال وكفاءة توزيع كل من مرور الشبكة والطيف.السرعة العالية التي تتيحها G4 سوف تخلق أسواق جديدة و فرص لكل من الشركات التقليديـــة و شـــركات الاتصالات السلكية واللاسلكية. شبكات G4 ، عندما تقترن بهواتف نقالة مـــزودة بكاميرات رقمية عالية الجودة ستقدم نماذج جديدة لتعاون المـــواطن والـــصحافة .

قامت الشركة اليابانية NTT docoMo باختبار الاتصال للجيل الرابع G4 علـــى 100 ميجابايت / الثانية لمستخدمي الهواتف الجوالة ، وتصل إلى 1 جيجا بـــت / الثانية لهواتف ثابتة. لهذة الشركة خطط لاطلاق أول شبكة تجارية في عام 2010. وشركات الاتصالات السلكية واللاسلكية الاخرى تتحرك بـــسرعة أكبـــر. فـــي أغسطس من عام 2006 ،أعلنت شركة سبرنت نكستل عن خطط لتطوير ونـــشر شبكة الحزمة العريضة الجوالة للجيـــل G4 فـــي الولايـــات المتحـــدة باســـتخدام WiMAX. وقد أعلن في بريطانيا عن خطة لإعلان مزاد الجيل G4 في خريف عام 2006. تتوفر في الوقت لحالي الخدمات التالية لجوال:

1. إرسال الرسائل القصيرة ورسائل البريد لإلكتروني .

2 –الجيل الحالي ينفذ حسابات أكثر تقدما باستخدام حاسب

3 – الاتصال مع الانترنت والحصول على الإخبار العاجلة والمعلومات الأخرى.

4 – استخدام الجول كوسيلة تسلية من خلال الألعاب التي يخزنها الجهاز

5 – دمج أجهزة أخري مثل الراديو ومشغل MP3 لتشغيل الملفات الصوتية ومشغل فيديو لعرض لقطات الفيديو وكاميرا للتصوير الثابت والمتحرك وقارئ نصوص إلكترونية PDF ومرشد مكاني للجوال بعض العيوب والمشاكل التي تتعرض لها باقي الأجهزة الالكترونه منها:

1) التآكل والصدأ للمكونات الالكترونه الداخلية بسبب الرطوبة من جسم الإنسان أو الجو لذلك يفضل استخدام حافظة تعزل اجزاءة الداخلية عن الرطوبة .

2) درجات الحرارة العالية التي يتعرض لها الجوال ومنها خلال تركة في لسيارة يسبب تلف البطارية وبعض الأجزاء الالكترونه الحساسة.

3) اختراق شفرة الجوال وسرقة البيانات واستخدام تسجيل الجهاز مع الشركة لإجراء مكالمات على حسابك وتحدث هذه الحالة في الجيل الأول للهاتف.

4) امكانية انتقال فيروسات خاصة بالهواتف تسبب فقد البيانات المخزونة على الجهاز.توجد الآن في إنحاء مختلفة من العالم مجموعة متنوعة من الترددات التناظرية أو الرقمية والتي تستخدم في أجهزة الاستقبال المتنقلة. الترددات الأكثر شيوعا في منظومات الهواتف الجوالة تتراوح بين 800–900 ميجاهرتز (التناظرية والرقمية) ، و1800–2200 ميجاهرتز (الرقمية) ، ولكن توجد أجهزة استقبال محمولة والتي تستخدم ترددات منخفضه تصل إلى 45 ميجاهرتز إلى ترددات عالية تصل إلى 2500 ميجاهرتز. القدرة الناتجة من هذه الأجهزة نادرا ما يتجاوز 2 واط ، ولكن

القدرة الناتجة من وحدات محمولة على مركبات مثل تلك المستخدمة من قبل البوليس يمكن أن يصل إلى 100 واط . في كندا فان الهواتف الجوالة التماثلية و الرقمية تعمل بترددات تتراوح بين 800-900 ميجاهرتز ، والجديد منها يعمل على 2000 ميجاهرتز بنظام رقمي وفي أستراليا تعمل الهواتف التناظرية بترددات تتراوح بين 800-900 ميجاهرتز وهواتف الرقمية بنظام (GSM) تعمل حوالي 900-1000 ميجاهرتز وفي أوروبا تعمل الهواتف التماثلية بترددات 900 ميجاهرتز ؛أما الرقمية بنظام(GSM) فتعمل بترددات تتراوح بين 900 و 1800 ميجاهرتز.

6-6 مكونات الهاتف الجوال

يحتوى جهاز الجوال على الكثير من الدوائر الالكترونية وفيه الكثير من الأجهــزة المعقدة تقنيا هذه الأجهزة تتكدس في مساحة صغيرة ويقوم جهاز الجوال إجــراء الملايين من العمليات الالكترونية المتضمنة حسابات كل ثانية إثناء ضغط الموجات الصوتية وتشفيرها وإرسالها ثم بعد ذلك فك شفرة الموجات الصوتية التي يستقبلها فيتم الحديث والاستماع إلى من تتصل بهم.يتكون جهاز الهاتف الجوال من الاجزاء التالية:

1 - لوحة مفاتيح الهاتف / Handset/Keypad

لوحة مفاتيح الهاتف توفير التفاعل بين المستخدم والنظام. هذا هو العنصر الوحيد في النظام الذي ، في إطار العملية العادية ، يحتاج المستخدم إلى معرفتة جيدا. ان انظمة الهواتف البسيطة او المتطورة يمكن الوصول إليها عبر لوحــة المفــاتيح ، وبمجرد أن يتم الاتصال ،فان هذا المكون يوفر وظائف مماثلة لتلك التي فـــي أي هاتف تقليدي. ومع ذلك ، فإن تشغيل الهاتف يختلف كثيرا عن تلك التـــي عبـــر الهاتف التقليدية. بدلا من الشروع في الحصول على المكالمة عبر الاتصال الهاتفي

فان المستخدم يقوم بإدخال الرقم المراد الاتصال به ثم يضغط على مفتاح وظيفيه "الإرسال". هذه العملية تحفظ موارد نظام الهاتف الجوال ، لأن عددا محدودا فقط من المكالمات متوفرة في أي وقت من الأوقات. مفتاح "المسح" تمكن المستخدم من مسح الأرقام التي لم يتم الاتصال بها. عندما تقوم الشبكة بمعالجة المكالمة ، فان المستخدم يسمع الاشارات التقليدية مثل إشارة مشغول أو الرنين. من هذه النقطة ،فان الجهاز يعمل بالطريقة المعتادة. لقطع المكالمة ، يتم الضغط على مفتاح "إنهاء" الموجودة على لوحة المفاتيح. الهاتف يحتوي على شاشة صغيرة مضيئة تظهر الأرقام التي تم الاتصال بها ، وتوفر المساعدات الملاحية و ميزات أخرى. ويمكن تخزين أرقام للاستخدام في المستقبل على لوحة المفاتيح.

2 – وحدة المنطق للتحكم أو السيطرة Logic/Control

وظائف وحدة المنطق للسيطرة على الهاتف تشمل وحدة الإحالة الرقمية (numeric assignment module (NAM)) والتي تخصص لبرمجة رقم الهاتف للوحدة من قبل مزود الخدمة والعدد التسلسلي الإلكتروني للوحدة، وهو عدد ثابت وفريد إلى كل هاتف. عندما يقوم العميل بالتسجيل في الخدمة، فان الشركة تسجل كل من هذة الأرقام. عندما تكون الوحدة في الخدمة ، وعند الاتصال تقوم الشبكة الجوالة باستجواب الهاتف لكلا من هذه الأرقام من أجل التحقق من أن الهاتف هو المشترك الأصيل. وحدة المنطق للتحكم أو السيطرة للهاتف تعمل أيضا على التفاعل مع بروتوكولات الشبكة الجوالة. من بين هذه البروتوكولات تحديد قناة التحكم المراد رصد أشاراتها . وتستخدم وحدة المنطق أيضا لرصد إشارات التحكم من مواقع الخلية بحيث يمكن تنسيق الانتقال بين الهاتف والشبكة والى الخلايا المجاورة كما استدعت الظروف.

3 – وحدة الإرسال / والاستقبالTransmitter/Receiver

وحدة الارسال / الاستقبال للهاتف الجوال تتحكم بها وحدة المنطق. فان القدرة المستخدمة في الهاتف الجوال المثبتة او الجوالة في السيارة بحدود 3 واط ، وأجهزة الإرسال الخاصة بها هي أكبر وأثقل من تلك الموجودة في الهاتف الجوال الجوالة ذات الوزن الخفيف. الهاتف الجوال الجوالة ذات الوزن الخفيف تتطلب قدرة كهربائية تصل الى جزء صغير فقط من الواط.

4 – الهوائيAntenna

هوائي ألهاتف الخليوي يمكن أن يتكون من هوائي مطاطي مرن موضوع على الهاتف الجوال، وهوائي للتمديد على هاتف الجيب، أو نوع من الهوائي المألوف المشاهدة معلقا على الزجاج الخلفي للسيارات .الهوائيات والأسلاك المستخدمة لربطها أجهزة البث الإذاعي يجب أن تكون خصائصها الكهربائية متناسقة مع دوائرالارسال. استخدام الهوائيات والكابلات غير المثالية يمكن أن يؤدي إلى ضعف الأداء لتلك الهواتف. أختيار الكابل غير الصحيح ، أوالكابل تالف، أو التوصيلات الخاطئة تؤدي الى عطل الهاتف

5 – مصادر القدرة الكهربائية Power Sources

أقدم انواع ألبطاريات القابلة للشحن وارخصهاوالمستخدمة للهواتف الجوالة هي بطاريات النيكل – كادميوم (NiCd) .البطاريات الحديثة هي بطاريات معدن النيكل – هايدريت (NiMH) والتي توفر وقتا اضافيا للمكالمة مقارنة بالبطاريات ذات الكلفة الواطئة . لأنها توفر نفس فولطية بطاريات، النيكل – الكادميوم ولكن مدة المكالمة تزداد الى نسبة لا تقل عن 30% وتزداد الفترة الازمة لاعادة شحن البطارية الى ما يقرب من 20%.

النوع الاخر هو بطاريات ايونات الليثيوم توفر قدرة كهربائية اكبر، وهي أخف وزنا من بطاريات(NiCd) و (NiMH) المماثلة في الحجم. تمتاز هذه البطاريات بتحسين اداء الهاتف لنموذج معين من الهاتف الجوال ، مما يساعد على ضمان أقصى قدرة الشحن وحياة طويلة. احدث انواع البطاريات الحالية والتي يمكن ان تعمل بطاقة عالية عند الحاجة هي البطاريات القلوية AA alkaline التي يمكن أن توفر مكالمة تصل الى 3 ساعات أو 30 ساعة من زمن الانتظار. هذه البطاريات استفادت من تكنولوجيا الليثيوم – دسلفات الحديد ، والذي يودي الى تقليل وزن البطارية بنسبة 34% نسبة الى وزن البطاريات القياسية القلوية AA ذات 1.5 فولط، و زيادة فترة التخزين الى 10 سنوات وهي ضعف الفترة الزمنية لتخزين البطاريات القلوية AA. يمكن اعادة شحن البطارية من بطارية السيارة ذات 12 فولت باستخدام موصل الشحن الذي يغذى من وحدة اشعال السجائر في لوحة القيادة للسيارة .

6- لوحة الدائرة الالكترونه

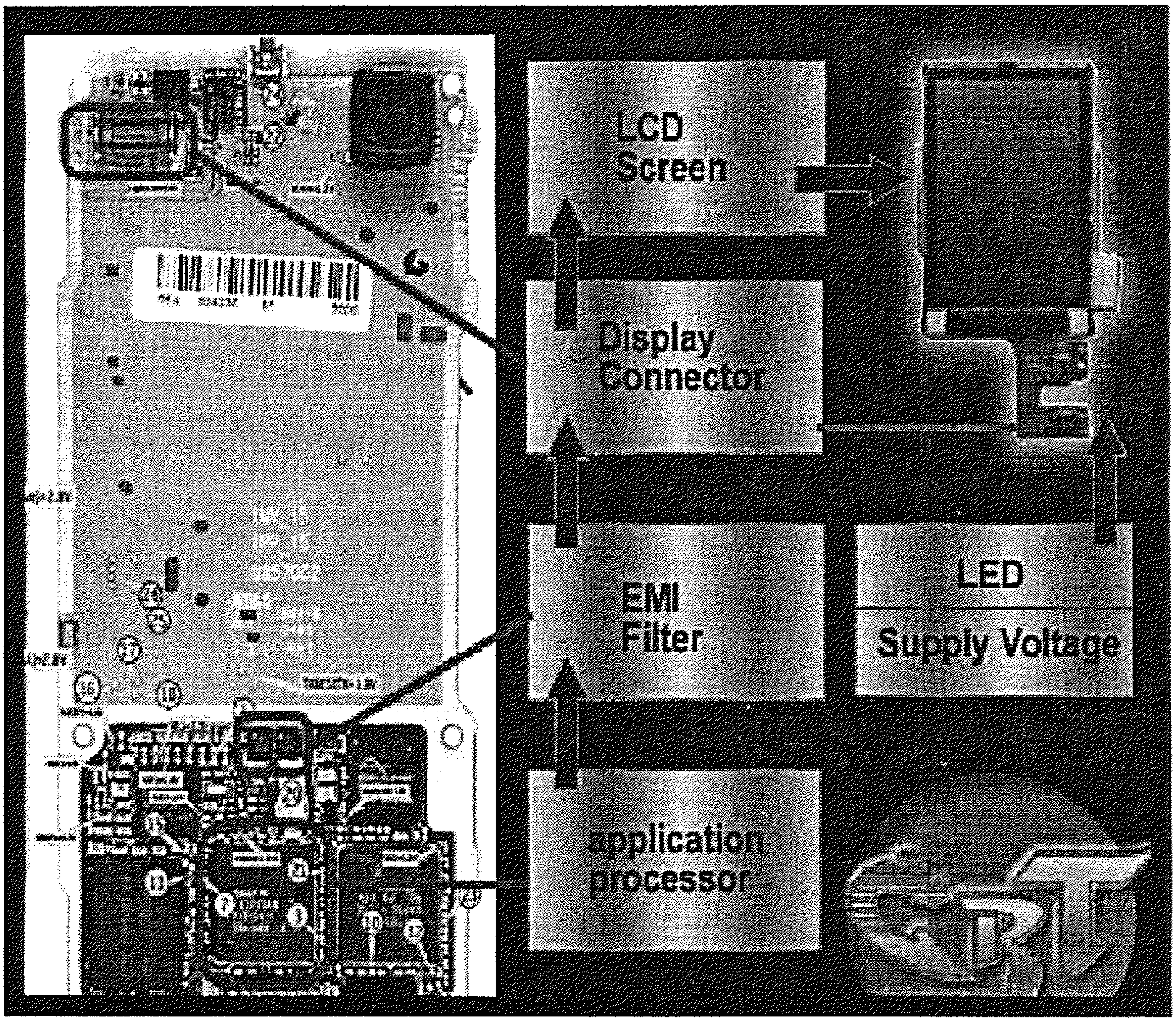
تتكون اللوحة الالكترونه من عدة قطع من الشرائح الالكترونه chips من أهم مكونات اللوحة

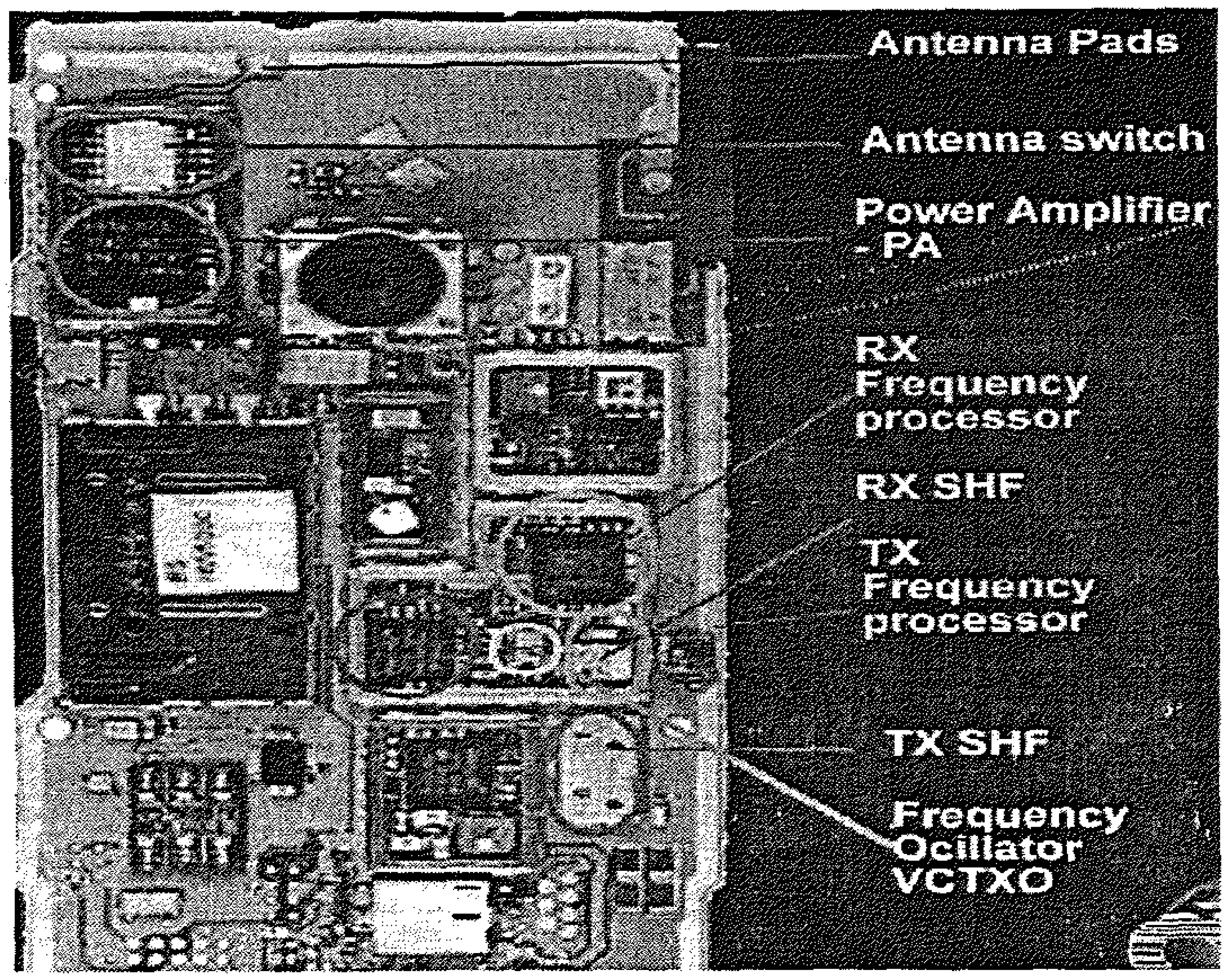
أ – المعالج الدقيق (الميكروبروسسور) والذي يقوم :

- تحويل الإشارة التماثلية(الإشارة الصوتية) إلى رقمية وبالعكس .يقوم معالج دقيق ويسمى بالمعالج الرقمي digital signal processor عالي الكفاءة يتعامل مع الإشارات الرقمية ويقوم بانجاز عمليات التحويل بين الإشارات التناظرية والرقمية بسرعة عالية جداً.

- استقبال الإشارة الرقمية التي تحتوي على شفرة الصوت وتحولها إلى إشارة تماثلية.
- يعمل المعالج الدقيق على الربط بين لوحة المفاتيح وشاشة العرض ويظهر كل ذلك على شاشة العرض، كما يعمل على إرسال بعض الأوامر التي يتطلب

شكل (6 - 12) **مكونات الهاتف الجوال**





- تنفيذها من محطة الجوال الرئيسية ويستقبل المعلومات منها و يعرضها باللغة التي يتم اختيارها مسبقاً.

ب – الذاكرة العشوائية ROM

الذاكرة العشوائية تعرف باسم ROM وتحتوي أيضا على ذاكرة فلاش لتعطي مساحة كبيرة لتخزين نظام تشغيل الجوال والعديد من البرامج المساعدة مثل برنامج ادارة دليل الاتصالات وبرنامج الأجندة وتنظيم المواعيد شكل (6 - 12).

ت – مولد الترددات الراديوية RF الذي يتعامل مع المئات من ترددات القنوات المضمنة ترددیا FM وتحتوي على مجهز الطاقة الكهربية للجهاز وعملية إعادة الشحن.

ث – مكبر الموجات الراديوية التي تتعامل مع الإشارات المرسلة والمستقبلة من والى الجوال عبر هوائي الجوال.

7 - شاشة العرض LCD

تمتاز شاشات العرض الحديثة كثير بدقة العرض والألوان والمساحة لتتماشى من التطور الحادث على الجوال وعلى الخدمات التي نحصل عليها ، حيث أن

الجوالات الحديثة أصبحت تحتوي على دليل هاتف وعلى آلة حاسبة وعلى العديد من الألعاب الالكترونه كما أصبح الجوال يستخدم لإرسال واستقبال الرسائل الالكترونه وكذلك لتصفح الانترنت وهذا يتطب الجودة العالية والدقة والوضوح واللوان الزاهية والمساحة الكبيرة لشاشة العرض.

8 - المكونات الأخرى:

تحتوي أجهزة الجوال على سماعة وميكرفون باحجام صغيرة جداً وكفاءة عالية. وقد كانت هذه المكونات قبل سنوات عده تشغل حيز كبير جدا.ولكن التقدم التكنولوجي والتقنيات الصناعية المذهلة التي جعلت من كل هذه الأجهزة تتجمع في جهاز واحد اسمه الجوال ولا يزيد عن حجم كف اليد.

الفصل السابع

التأثيرات الصحية للهاتف الجوال

7 – 1 المقدمه

الهواتف الجوالة هي اجهزة الجوالة ترسل وتستقبل الإشارات اللاسلكية من شبكة ثابتة ذات طاقة منخفضه، والمحطات القاعديه. وعادة ما تقع المحطات على أسطح المنازل والأبراج واعمدة الانارة. قوة الارسال تختلف باختلاف نوع الهاتف الخليوي ، نوع الشبكة وعلى مسافة الهاتف من المحطة الأساسية. حيث تزداد القدرة بشكل عام عند الابتعاد عن أقرب محطة قاعدية.الطاقة الكهرومغناطيسية اللاسلكية المنبعثة من الهواتف الجوالة والمحطات القاعديه هو نوع من الإشعاع غير المؤين. وهو مشابه لنوع من الطاقة المستخدمة في البث الإذاعي و البث التلفازي. وعلى عكس الأشعة المؤينه ، والطاقة التردد الراديوي المنبعث من الهواتف الجوالة والأجهزة اللاسلكية الأخرى لا يمكن كسر الروابط الكيميائية. وهذا يعني أنه من غير المرجح أن تسبب اضرارا في المود الجينية للجسم .

يتم امتصاص بعض من طاقة الترددات اللاسلكية المنبعثة من الهواتف الجوالة بجسم الانسان. وتعتمد كمية الطاقة الممتصة على عوامل كثيرة ، منها مدى قرب الهاتف من الجسم ،ومدى قوة الإشارة. وحتى الآن ، فان الادلة من اتجارب على الحيوانات ، وزراعة الخلايا والدراسات على الإنسان لا تدل على أن الطاقة المنبعثة من الهواتف الجوالة قوية بما يكفي لتتسبب في آثار صحية خطيرة. وأفاد بعض العلماء أن استخدام الهواتف الجوالة قد تسبب تغيرات في نشاط الدماغ ، في أوقات رد الفعل ، أو في الوقت الذي يستغرقه للنوم ، ولكن هذه النتائج غير مؤكدة حتى الآن. يتعرض الجمهور للترددات اللاسلكية من ابراج الهاتف الجوال بمستوى بمستوى أدنى بكثير من ذلك للهواتف الجوالة. تم تصميم الهواتف الجوالة لتعمل على الحد الأدنى للطاقة ألالازمة للتواصل والحفاظ على جودة المكالمة. ونتيجة لذلك ، فإن كثافة طاقة الترددات الراديويوية المنبعثة من الهواتف الجوالة أقل بكثير من المستوى الذي من شأنه أن يسبب مخاوف صحية. ولتقليل

المخاطر من الهاتف الجوال اومحطاتة القاعديه فيمكن تقليل زمن المكالمة او استخدام السماعات التي تحافظ على الهاتف الخليوي بعيدا عن الرأس والجسم.

على الرغم من أن طاقة التردد الراديوي المنبعث من الهواتف الجوالة لا يشكل أية مخاطر صحية مؤكدة ، لكن استخدام الهواتف الجوالة ليست كلها خالية من المخاطر. وقد أظهرت الدراسات أن :

1 - استخدام الهواتف الجوالة أو الأجهزة اللاسلكية الأخرى يمكن يشتت التركيز . أثناء القيادة ، والمشي ، وركوب الدراجات ، أو القيام بأي نشاط آخر يتطلب التركيز على السلامة الشخصية.

2 - وقد يؤدي يدي استخدام الهواتف الجوالة الى التداخل مع الأجهزة الطبية مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب ، والسمع.

3 - الهواتف الجوالة قد تتداخل مع غيرها من المعدات الالكترونه الحساسة ، مثل الطائرات والاتصالات ونظم الملاحة.

مصادر الترددات الراديوية (اللاسلكية) واسعة الانتشار في الوقت الحاضر في مجتمعنا ومن الأمثلة البارزة هي الاتصالات ، البث الإذاعي أو التطبيقات الطبية والصناعية. المعلومات المتاحة عن الانبعاث الناجم عن الترددات الراديوية يمكن استخدامها من أجل تقييم التعرض الفردي للأشخاص . نحتاج مثل المعلومات للدراسات الوبائية ، والتي تتطلب تحسين منهجية تقييم التعرض الفردي ، و تطوير مقاييس الجرعة الإشعاعية الموجودة.

توصف الترددات الراديوية بأنها إشعاع غير مؤين لان طاقته أقل بكثير من ملي إلكترون فولط وهي طاقة غير كافية لتأين الذرات أو الجزيئات. الطاقة اللازمة لإزالة إلكترون من ألذرة أو الجزيء هي بضع إلكترون فولت. فإذا كانت الطاقة أقل من 1 إلكترون فولط ، فأنة من المستحيل أن يحدث ألتأين ومع ذلك فان التردد

العالي من الإشعاع ، مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ، لها طاقة أكبر من 1 إلكترون فولط ، لذلك يمكنها بسهولة تأين الذرات والجزيئات ، وتوليد بعض الأضرار البايولوجية في الأنسجة حتى في شدات منخفضه للغاية. إن الشدة هي عبارة عدد ألكمات التي تسقط على الجسم في الثانية الواحدة ، ولكن حتى وإن كانت هذه الطاقة منخفضه ، فان كل من ألكمات لديه احتمال أن يقوم بالتأين ويسبب ضررا بيولوجيا بالغا على جزيئات الحامض النووي(DNA). الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين يعتقد أن غير ضارا إذا كانت شدته منخفضه للغاية ، على الرغم من أنه يمكن أن يسبب ضررا في شدات عالية. فعلى سبيل المثال ،فان الضوء ذات الشدة القليلة يمكن أن يولد أثار بيولوجية مفيدة والتي تتيح لنا روية الأجسام المضيئة. ومع ذلك ، إذا أصبحت شدة الضوء كبيرة جدا ، فيمكن أن تكون خطيرة وتسبب ضررا بيولوجيا على العين. الشدات العالية جدا لترددات الموجات الراديوية يمكن أيضا أن يكون ضارا كما هو واضح من آثار التسخين المتولد في فرن الميكروويف. لذلك فنحن بحاجة إلى معرفة في أي شدة يمكن للإشعاع أن يبدأ في إحداث الضرر .

بعض الناس يعبرون عن قلقهم عندما يعيشون ويعملون في مدارس او اماكن ، بالقرب من برج الهاتف الخليوي ويعتقدون بان ذلك يزيد من خطر الاصابة بالسرطان أو مشاكل صحية أخرى. في هذا الوقت الحالي ، وهناك أدلة قليلة جدا وغير مثبتة لدعم هذه الفكرة. من الناحية النظرية ، هناك بعض النقاط الهامة التي تؤكد بان أبراج الهاتف الخليوي غير قادرة على التسبب في الإصابة بالسرطان للاسباب التالية:

أولا ، مستوى الطاقة من الترددات الراديوية (اللاسلكية) موجات منخفضه نسبيا ، خاصة عند مقارنتها مع الإشعاعات المؤينه التي هي معروفة لزيادة خطر الاصابة بالسرطان ، مثل أشعة جاما ، والأشعة السينية. الطاقة من الموجات اللاسلكية المنبعثة من أبراج الهاتف النقال ليست كافية لكسر الروابط الكيميائية في

جزيئات الحامض النووي DNA. المسألة الثانية ، له علاقة مع الطول المـــوجي. حيث ان موجات الترددات اللاسلكية هي موجـــات طويلـــة ، والتـــي يمكـــن أن تتركزبمساحة لاتقل عن 2 سنتمتر. وهذا يجعل من غير المرجح أن يمكن تركيـــز الطاقة من موجات الترددات اللاسلكية بما فيه الكفاية للتأثير على الخلايا الفرديـــة في الجسم.

ثالثا ، حتى لو كانت موجات الترددات اللاسلكية بطريقة أو بأخرى قادرة علـــى التأثير في خلايا الجسم في الجرعات العالية ، فان مـــستوى موجـــات التـــرددات اللاسلكية الحالية عند مستوى سطح الأرض منخفضه جدا (أقل بكثير من الحـــدود الموصى بها) . وقد وجد بان مستويات الطاقة من موجات التردد الراديوي بالقرب من أبراج الهاتف الخليوي لا تختلف كثيرا عن مستويات الخلفية للإشعاع الترددات اللاسلكية في المناطق الحضرية من مصادر أخرى ، مثل الراديو ومحطات البـــث التلفزيوني.

رابعا : وفقا لتقارير منظمة الصحة العالمية فانة لاتوجد براهين موكدةعلى وجود تاثيرات صحية قصيرة او طويلة الاجل تحدث من التعرض للموجات االكهرومغناطيسية المنبعثة من ابراج ألهاتف الجوال

تقسم الترددات االكهرومغناطيسية غالبا إلى أربعة أقسام وفقا لمدى للتردد وهي :

- للكهربائية الساكنة ذات التـــردد(0 Hz) وفيهـــا يكـــون التـــأثير للمجـــال المغناطيسي
- الترددات المنخفضه للغاية والتي يتراوح ترددها بين (0 Hz - 300Hz)
- الترددات المتوسطة والتي يتراوح ترددها بين (300 Hz - 100 kHz)
- الترددات الراديوية العالية والتي يتراوح ترددها بـــين (100 kHz - 300 GHz) . الجدول (7- 1).

من المسلم به أن هناك آليات حياتية يمكن أن تؤدي إلى الآثار الصحية نتيجة التعرض للمجالات االكهرومغناطيسية القوية. ،فمثلا للترددات التي تصل إلى 100 كيلو هرتز فان ألآلية هو تحفيز خلايا الأعصاب والعضلات بسبب التيارات المحتثة ، وبالنسبة للترددات ألأعلى ، فان تسخين الأنسجة هي الآلية الرئيسية. هذه الآليات يمكن أن يؤدي إلى آثار حادة إذا تجاوز التعرض الادله االارشادية الصادرة عن الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه ICNIRP. الاهتمام الحالي ينصب في احتمال حدوث الآثار الصحية عند التعرض لمستويات أقل ولكن يكون التعرض على المدى الطويل.

البحوث ذات الصلة لتقييم المخاطر الصحية الناتجة عن المجالات الكهرومغناطيسية يمكن تقسيمها إلى قطاعات واسعة مثل الدراسات الوبائية ،الدراسات التجريبية على الإنسان ، الدراسات التجريبية على الحيوانات ، الدراسات على زراعة الخلية، الدراسات حول الآليات البايولوجية والفيزيائية ، قياس الجرعات ، و تقييم التعرض .

الجدول (7- 1) مصادر الترددات االكهرومغناطيسية .

الموجات كهرومغناطيسية	الترددات	أمثلة لمصادر التعرض
الكهربائية الساكنة	0 Hz	احهزة التصوير بالرنين المغناطيسي للتشخيص الطبي ، بعض الأجهزة العلمية وأجهزة لحام
الترددات الكهرومغناطيسية المنخفضه	0-300 Hz	خطوط نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية والمحركات الكهربائية في السيارات والقطارات .

الترددات الكهرومغناطيسية المتوسطة	300 Hz – 100 kHz	أجهزة مكافحة سرقة المحال التجارية ، نظم المراقبة ، وقارئ البطاقات وأجهزة الكشف عن المعادن .
الترددات الراديوية العالية	100 kHz – 300 GHz	الهاتف الجوال ؛ الإذاعة والتلفاز ؛ أفران الميكروويف؛ الرادار ، أجهزة الإرسال والاستقبال الراديوية الحرارية والثابتة .

تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بتقييم الادله لكل قطاع من هذه القطاعات ومن ثم جمع الادله من جميع القطاعات لتقييمها مجتمعة. هذا التقييم المشترك ينبغي أن يتصدى لمسألة وجود أو عدم وجود مخاطر صحية ، في حال وجود علاقة سببية بين التعرض وبعض التأثيرات الضارة بالصحة. الإجابة على هذا السؤال ليست بالضرورة نهائية بنعم أو لا ، ولكن قد يوضح الادله على وجود الخطر. عند تقييم المخاطر ينبغي التصدي لحجم وتأثير شكل دالة الجرعة والاستجابة ، أي أن حجم التعرض للمخاطر المختلفة يعتمد على مستويات وأنماط التعرض. تقييم المخاطر بشكل تام يتضمن توصيف التعرض للسكان وتقدير تأثير التعرض. الدراسات الوبائية والتجريبية تخضع لمعاملة مماثلة في عملية التقييم، فإنه من الأهمية تقييم الدراسات الإيجابية والسلبية ، أي ، الدراسات التي تشير إلى أن المجالات الكهرومغناطيسية لها تأثير سلبي والدراسات التي لا تشير إلى وجود مثل هذه التأثيرات .

بدأ استخدام الهواتف الجوالة على نطاق واسع في دول العالم خلال التسعينات من القرن الماضي والهاتف الجوال جهاز أحادي القناة ثنائي العمل (إرسال واستقبال) واطئ القدرة. ويتم الإرسال والاستقبال خلال المحطات القاعديه وهي محطات ثنائية العمل متعددة القنوات وواطئة القدرة ، ولان طاقة التردد الصادرة عن هذه المحطات واطئة جدا (ذات مدى قليل نسبيا)، فمن المستبعد إحداث مخاطر

صحية طالما أن الجمهور بعيد عن الاتصال المباشر بالهوائيات . من الأهمية بمكان أن نعرف الفرق بين الهوائيات (الأجهزة التي تنتج الترددات الراديوية) ، والأبراج أو السواري أو الهياكل التي توضع عليها الهوائيات. حيث أن الناس يجب عليهم عدم التقرب من الهوائي ، وليس الهياكل التي تحمل الهوائي. قد تكون هناك بعض الأسباب التي تدعو إلى القلق على صحة الإنسان من ناحية الهواتف الجوالة هذه المخاوف موجودة لأن هوائيات الهواتف الجوالة باليد تولد الكثير من طاقة الترددات اللاسلكية على مساحة صغيرة جدا من جسم المستخدم. أما هوائيات المحطات القاعديه فإنها لا تولد الكثير من طاقة الترددات اللاسلكية في موقع محدد من الجسم (إلا عند الوقوف أمامه مباشرة) ، وبالتالي فإن قضايا السلامة المحتملة المتعلقة بالهواتف ليس لها تطبيق حقيقي لهوائيات المحطة القاعديه.

تحصل تأثيرات الإشعاع الصادر من الترددات الراديوية عند امتصاص طاقة إشعاع ، وهو إشعاع غير مؤين تختلف تأثيراته البايولوجية عن تأثيرات الإشعاع المؤين الصادر عن الأشعة السينية وأشعة جاما والتي لها طاقة كافية لكسر الأواصر الكيماوية (تأين) حيث تعمل على تدمير المادة الجينية للخلايا ومن المحتمل أن يحدث تأثيرات سرطانية . الترددات الواطئة المستخدمة في الهواتف الجوالة ومحطاتها الارضيه التي تقع ضمن المدى (800 – 2200) ميجاهرتز، تكون طاقة الإشعاع غير كافية لكسر الأواصر الكيماوية ، فعليه لا يوجد تشابه بين التأثيرات البايولوجية الناتجة عن الإشعاع المؤين وغير المؤين.

جزء من الموجات الراديوية المنبعثة من الهاتف الجوال يمتصها رأس الإنسان. القدرة العظمى للموجات الراديوية المنبعثة من الهواتف ذات النظام العالمي GSM تساوي 2 واط ، و للهواتف التناظرية في أمريكا 3.6 واط. التكنولوجيات الرقمية الحديثة للهاتف الحرارية مثل نظام CDMA2000 و D-AMPS لها قدرة عظمى قليلة أقل من 1 واط. شرعت الهيئات التنظيمية في معظم بلدان العالم لوضع قيم مرجعية للحد الأقصى للقدرة المنبعثة من الهاتف الجوال. في معظم

أنظمة الهاتف الجوال والمحطات القاعديه تتأكد من جودة الاستقبال ، شدة الإشارة ،و مستوى القدرة داخل أو خارج المباني. معدل امتصاص الإشـعاع فـي جـسم الإنسان يقاس بمعدل الامتصاص النوعي (SAR) ، ومستوياتها القصوى حددت من قبل الوكالات الحكومية في العديد من البلدان، ففي الولايـات المتحـدة قيمـة SAR 1.6 واط / كجم لحجم معين لنسيج كتلته حوالي 1 جرام ، وعلى الرأس. وفي أوروبا فان الحد الأقصى هو 2 واط / كجم ، لمعل حجم معين لنسيج كتلتـه حوالي 10 جرام من نسيج الجسم. قيم SAR تعتمد اعتمادا كبيرا على متوسـط مساحة الحجم المعرض، لذلك فان المعلومات حول متوسط الحجـم مهمـة جـدا للمقارنات بين قياسات مختلفة، حيث ينبغي مقارنة أنسجة كتلتها 10 جـرام فـي المعيار الأوروبي فيما بينها ، و مقارنة نسيج كتلته حوالي 1 جرام في المعيـار الأميركي فيما بينها. البيانات لمقدار SAR لبعض الهواتف الجوالة مـع بعـض المعلومات المفيدة الأخرى ، يمكن الاطلاع بشكل مباشر على مواقـع الـشركات المصنعة .العديد من الدراسات العلمية حول الآثار الصحية المحتملة من إشعاعات الهاتف الجوال تم استعراضها من قبل بعض اللجان العلمية لتقييم المخاطر بـشكل عام. صدر في عام 2007 تقييم حديث من قبل المفوضـية الأوروبيـة لتحديـد المخاطر الصحية (SCENIHR) أوضحت بان البحوث المتاحة حـول الهـاتف الجوال لم تظهر تأثير ملموس على صحة الإنسان عند التعرض لمستويات طبيعية من ترددات الهاتف الجوال. الدراسات التي تم استعراضها أوضحت بأن التعرض للإشعاع العادي للهاتف الجوال لم يسبب الصداع ، الدوار ، سرطان الدماغ ، آثار عصبية ، أو تأثيرات على الجهاز التناسلي.وهناك دراسات قليلة تشير أن التعرض لموجات الهاتف الجوال قد تسبب أورام حميد في العصب السمعي. مع ذلك هنـاك حاجة إلى المزيد من الدراسات حول الآثار الصحية المحتملة على الأطفال.

7 – 2 الدراسات والبحوث العلمية

تقييم المخاطر الصحية الناجمة عن التعرض لمجالات الموجات اللاسلكية يعتمـد على نتائج الدراسات العلمية الرصينة والقابلة للتكرار ، وان الحاجة كبيرة لمثـل هذه الدراسات للتأكد من أن تأثير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية من الهاتف قليلة. تقارير مثل هذه الدراسات موجودة في المجلات العلمية ، على الرغم من أن الخبراء يبحثون في الادله من جميع مصادر المعلومات المتوفرة لديهم.

منظمة الصحة العالمية تعرف الصحة بأنها حالة من اكتمال السلامة بدنيا وعقليـا والرفاه الاجتماعي ، وليس مجرد غياب المرض أو العجز. وبالتالي فـإن فريـق الخبراء يبحثون في المخاطر التي توثر بها الهواتف الجوالة والمحطات القاعديـه على صحة الإنسان.أعرب مجموعة من العلماء اجتمعوا في فيينا في تشرين الأول عام 1998 عن ألمخاوف بشأن الآثار البايولوجية والمخاطر الصحية المحتملة من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

تقييم المخاطر يعتمد بشكل عام على البيانات التجريبية من الـنظم البايولوجيـة ، ألنظر في الآليات الممكنة لتقييم المخاطر ذات الصلة مهمة، لسببين:

ألأول ، إن البيانات التجريبية بشأن الآثار البايولوجية للمجالات الكهرومغناطيسية هي مجتزأة ومتناقضة في كثير من الأحيان ، وفهم آلاليات الحياتية عـن الآثـار البايولوجية يمكن أن تساعد على ترشيد وفهم البيانات.

وثانيا ، من الضروري استقراء البيانات من شروط تعرض واحد إلـى الحـالات الأخرى ، والاستقراء يمكن الاعتماد عليه عند فهم الآليات التعرض.

المجالات الكهربائية والمغناطيسية التي تتولـد فـي الجـسم بواسـطة مـصدر كهرومغناطيسي قريب قد يسبب تأثيرات بيولوجية حراريه وغير حراريه على حد سواء. آثار المجالات المغناطيسية تعتمد على ألتردد ، وربما تكـون أكبـر فـي الأنسجة البايولوجية التي تحتوي على كميات صغيرة من أكاسيد الحديد (Fe_3O_4) magnetite وهي مواد فيرو مغناطيسية تتصرف في المجالات المغناطيسية مثل

الحديد . أكاسيد الحديد موجودة في أنواع معينة من البكتيريا وفي خلايا الكثير من الحيوانات ، بما فيها الإنسان وبعض أنواع الطيور والأسماك والتي توفر حساسية مغناطيسية ، تستخدم في الملاحة. ومع ذلك ، لا توجد أثار أخرى مرتبطة بتفاعل المجالات االكهرومغناطيسية مع أكاسيد الحديد في الحيوانات. أوضحت الحسابات بأن التفاعل الناتج عن الترددات اللاسلكية العالية مع المجالات المغناطيسية التــي تولدها الهواتف الجوالة هي صغيرة للغاية ، وبأن أي آثــار أخــرى للمجــالات المغناطيسية على هذه الترددات ينبغي أن يكون أقل. يبدو أن المتفق عليه عمومــا أن التأثيرات البايولوجية من الهواتف الجوالة ناتجة عن المجالات الكهربائية بدلا من المجالات المغناطيسية.

7 – 3 التأثيرات غير الضارة

أدرجت نتائج مئات من الدراسات والبحوث حول استخدم موجات الهاتف الجــوال على وجه التحديد في قاعدة بيانات بحوث منظمة الصحة العالمية (WHO) علــى الانترنت، الغالبية العظمى من هذه الدراسات لم تشر إلى أي آثار صحية ضــارة مرتبطة بالهواتف الجوالة. عدد كبير من الخبراء والسلطات الصحية استعرضــت جميع البحوث المتاحة ، وقد لخصت منظمة الصحة العالمية هذه التأثيرات " استنادا إلى الدراسات المتعمقة في السنوات الأخيرة فقد وضحت منظمة الصحة العالميــة إلى أن الادله الحالية لا تؤكد وجود أضرار صحية ناجمة عن التعرض لمستويات منخفضه من مجالات الترددات الراديوية للهواتف الحرارية أو المحطات القاعديه ". وفي مجال الآثار البايولوجية والتطبيقات الطبية للإشعاع غير المؤين فقد نشر ما يقرب من 25000 بحث ومقالة على مدى الثلاثون سنة الماضية. وعلى الرغم من ذلك فان إجراء المزيد من البحوث الإضافية سيكون مفيدا لزيــادة المعرفــة ولضمان أفضل تقييم ممكن عن المخاطر الصحية في هذا المجال.

لقد تبنت منظمة الصحة العالمية المشروع الدولي للمجالات الكهرومغناطيسية ، والذي من أهم أهدافه إجراء المزيد من البحوث قبل إعطاء صورة واضحة عن التأثيرات الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية .
وبالمقابل فان بعض الباحثين أكدوا بأن التعرض للتردد الراديوية ، وحتى عند مستويات أدنى من المبادئ التوجيهية العالمية ، لا يولد اثار ضارة بالصحة ، وبأن الفجوة في المعرفة كافية لتبرير الوقاية من الإشعاعات غير المؤينه. لذلك أوصت بعض الهيئات الدولية إتباع النهج الوقائي ، والتي ينبغي اعتماده حتى التوصل إلى معلومات علمية متينة وأكثر تفصيلا عن أي آثار صحية من خلال إجراء مزيد من البحوث . قامت مجموعة من الخبراء المستقلين في بريطانيا عام 2000 بقيادة السير وليام ستيوارت للتحقق من الآثار الصحية المحتملة الناجمة عن تكنولوجيا الهاتف الجوال بما في ذلك المحطات القاعديه. اطلعت المجموعة على البحوث التي أجريت مؤخرا وأدلة العلماء ، واستمعت إلى آراء الجمهور في اجتماعات مفتوحة في جميع أنحاء المملكة المتحدة. وتوصلت إلى أن الادله المتجمعة في ذلك الوقت تشير إلى أنه لا يوجد خطر كبير على الصحة العامة للناس الذين يعيشون بالقرب من محطات القاعدة أو اللذين يستخدمون الهاتف الجوال ، على افتراض أن التعرض المتوقع يكون جزء صغير من قيم المبادئ التوجيهية.كذلك فان الثغرات في المعارف العلمية قاد فريق البحث أن يوصي باتخاذ تدابير وقائية عند استخدام الهواتف الجوالة أو العيش قرب المحطات القاعديه حتى توفر مزيد من البحوث.

4 – 7 التأثيرات الحرارية Thermal Effects

فرن الميكروويف هو أحد الأجهزة المعروفة جيدا التي يعتمد عملها على ظاهرة التسخين بواسطة الترددات الرديوية (ذات الطول ألموجي القصير جدا والتردد

العالي). أساس عمل هذا الجهاز هو عملية تسخين المواد العازلة (مثــل الأنــسجة الحية) نتيجة لدوران الجزيئات القطبية الناجمة عن المجال الكهرومغناطيسي.

التأثيرات الحرارية هي تلك التأثيرات ألتي تنجم عن ارتفاع درجة الحرارة نتيجــة الطاقة الممتصة من المجالات الكهربائية المهتزة. القــوة التــي ينتجهــا المجــال الكهربائي على الأجسام المشحونة ، مثل الأيونات المتنقلة الموجــودة فــي جــسم الإنسان، تسبب حركة الأيونات تولد تيارات كهربائية دوامة تتدفق فــي المقاومــة الكهربائية للمواد ويتولد عنها التسخين. هذا التسخين يؤدي إلــى ارتفــاع درجــة الحرارة الجسم بشكل مستمر، حتى تكون الحرارة المتولدة في حالة اتزان مع معدل الحرارة التي تزال نتيجة لدورة الدم من وإلى أجزاء أخرى من الجسم. يقدر الزمن المستغرق لذلك بعدة دقائق من لحظة التعرض للأشعة المنبعثــة مــن المجــالات االكهرومغناطيسية وحتى وصول درجات حرارة الجسم إلى التوازن النهائي. في ضوء هذه الاستجابة البطيئة ،فان توازن درجة الحرارة الناجمــة عــن المجــال النبضي للاتصالات المتنقلة سوف تحددها معدل الامتصاص النوعي.

لم يثبت إمكانية قياس هذه التغيرات الطفيفة في درجات الحرارة بصورة مباشرة ، فيما عدا تلك التي تحصل على الجلد الخارجي ، درجة الحــرارة تعتبــر عــاملا مباشرة لتحديد الأضرار الحرارية على الأنسجة ، أغلب الدراسات النظريــة فــي الوقت الحاضر اقتصرت على حساب SAR وحدها .العلاقة بين SAR وارتفاع درجة الحرارة علاقة معقدة ، تعتمد اعتمادا كبيرا على شكل ونوع الهوائي ومكانه والتردد المستخدم. أكثر التعقيد لحساب درجة الحرارة يتمثل بنمذجة تــأثير تــدفق الدم على نقل الحرارة.

في دراسة نشرت مؤخرا لكمية الحرارة المترسبة داخل الرأس من هوائي ثنــائي القطب عند التردد 915 ميجاهرتز وبلغ متوسط القدرة الخارجة منــه 0.25 واط (أي ما يعادل القدرة التي يؤثر بها الهاتف الجوال التقليدي) والتــي تــم حــسابها بواسطة نموذج زمن الفرق المحدد finite difference للمقدار SAR مع النموذج

الحراري الجديد . النموذج الحراري يشمل تأثير حمل الأوعية الدموية ، التـــي حددت تشريحا باستخدام الرنين المغناطيسي لتصوير الأوعية لمتطوعين أصحاء ، وكانت نتائج هذه الدراسة بان مقدار SAR حوالي 1.6 واط / كجـــم ، والحـــد أقصى لارتفاع درجة حرارة الدماغ بلغت 0.11 درجـــة ســـليزية فـــي الحالـــة المستقرة. هناك اتفاق عام في حساب درجات الحرارة في الدماغ باستخدام معادلة بينس Pennes والتي استخدمت النموذج الجديد لتدفق الدم في ألأوعية الدموية ، بأنها نتائج غير حاسمة. ومع ذلك ، ينبغي القيام بمزيد من العمل لتطبيـــق هـــذا النموذج على محاكاة أكثر واقعية لمكونات ألهاتف الجوال ، والتحقيق فـــي تـــأثير اتجاهات مختلفة للهوائي والترددات (لاسيما عند التردد 1800 ميجاهرتز المستخدم في الهواتف الجوالة).

هناك محددات دولية لتعرض العاملين والجمهور لترددات الإشعاع غيـــر المـــؤين الناتج عن هوائيات المحطات الارضيه والهاتف . يمكن أن يكون التعرض خطيرا إذا كانت الطاقة عالية وقد تشمل الإضرار المحتملة (عتمة العين ، حروق في الجلد ، إجهاد حراري) وهذه الإضرار تعتمد على معدل امتصاص الطاقة وضمن مـــدى واسع من الترددات، وتتناسب التأثيرات البايولوجية تناسبا طرديا مع ارتفاع درجة الحرارة ويعتمد على معدل الطاقة الممتصة . يمكن للترددات الكهرومغناطيـــسية أن تخترق أنسجة الجسم حسب طاقتها فتولد حرارة عادة ما يستطيع الجسم التعامل معها و تبديدها لكن الهاتف الجوال يصدر إشعاعات ذات طاقة ضئيلة جدا بحيـــث أن الزيادة الموضعية في حرارة المنطقة الملامسة للجوال قلما تؤثر على درجـــة حرارة الجسم الكلية. عند أستخدم الهاتف الجوال ، فان تأثير التسخين يكون علـــى سطح الرأس ، مما يؤدى إلى زيادة درجة الحرارة بمقدار جزء من الدرجة. فـــي هذه الحالة ، يكون مستوى الارتفاع في درجة الحرارة هو أقل من تلك الحـــرارة التي تحصل خلال التعرض المباشرة لأشعة الشمس. الدورة الدموية للدماغ قـــادرة على التخلص من الحرارة الزائدة عن طريق زيادة تدفق الدم ، ولكن قرنية العـــين

ليس لديها هذه الخاصية . فقد وضحت احد الدراسات بان تعرض عيون الأرانب لأشعة الموجات الراديوية لمدة 2-3 ساعات قد أدي إلى إعتام عدسة العين- ألماء الأبيض (Cataract) عند معدل (SAR) يبلغ 100-140 واط / كغم، والتي رفعت درجة حرارة عدسة العين إلي 41 ° C.لكن إعتام عدسة العين المبكر لا يصاحب استخدام الهواتف الجوالة بسبب أن طاقة البث واستقبال قليله.

من المعروف جيدا أن التعرض المفرط للترددات اللاسلكية ذات الطاقة العالية قد تكون خطرة بسبب التسخين المفرط للنسيج. المخاطر الناجمة عن امتصاص الحرارة في الجسم من الهواتف الجوالة ومحطاتها تتضمن الضرر الحراري إلى الأنسجة ، إعتام عدسة العين ، والآثار الفسيولوجية ، ولكن الهواتف الجوالة ومحطاتها تعمل على مستويات منخفضه جدا للطاقة والتي لا يمكن أن تؤدي إلى مثل هذه المخاطر .الآثار البايولوجية الناتجة عن امتصاص طاقة الموجات الراديوية غالبا ما تؤدي إلى تسخين الأنسجة والتي يشار إليها باسم "آثار حراريه". المعروف منذ سنوات عديدة على أن التعرض لمستويات عالية جدا من الترددات الراديوية يمكن أن تكون ضارة نتيجة لطاقة الترددات اللاسلكية لتسخين الأنسجة البايولوجية. تلف الأنسجة البشرية يمكن أن تحدث أثناء التعرض لمستويات عالية من الترددات الراديوية نظرا لعدم قدرة الجسم على التعامل مع الحرارة العالية أو تبديدها . العينين والخصيتين حساستين للتعرض للموجات الراديوية ، بسبب النقص النسبي في تدفق الدم فيهما وبذلك لا يمكن تبديد الحرارة العالية. عند مستويات منخفضه نسبيا من التعرض للترددات الراديوية ، فان الحرارة المتولدة تكون قليلة ، و الآثار البايولوجية الضارة لا يمكن معرفتها بدقة. لكن هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحديد الآثار البايولوجية ، على صحة الإنسان.

يعتمد التأثير الصحي للموجات الراديوية على مقدار التردد:

1- الترددات الراديوية التي ترددها يساوي 1 ميجاهرتز أو اقل والتي قـد تنـتج ارتفاعا في درجة الحرارة ولكن الجلد البشري يعمل كمنظم حرارة طبيعي لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد. كما أنها تسبب سريان تيار كهربي داخـل الأنسجة. يتم قياس جرعة الإشعاع بحساب كثافة التيار التي تعرف بالتيار الكهربي الذي يقطع وحدة المساحات عموديا عليها خلال زمن واحد ثانية، ووحدة قياسـها أمبير /م^2.

2- الترددات الراديوية التي ترددها أكبر من 1 ميجاهرتز تسبب ارتفاعا في درجة حرارة الجسم لأنها تخترق الجلد وتعمل علي اهتزاز جزيئات الماء فـي الجـسم. ويعتمد عمق الاختراق علي تردد المجال. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما يعرف بمعدل الامتصاص النوعي SAR، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتل خلال زمن قدره واحد ثانية، وبالتالي فان وحـدة القياس لها هي واط/ كيلو جرام.

3- الترددات فوق 10 جيجاهيرتز ذات كثافة طاقة أكبر من 1000 واط/ م^2 قـد تتسبب في الإصابة بمرض عتمة العين ، كما قد تسبب حروقا في الجلـد. وهـذه الكثافة أمر يكاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعـض الـرادارات القوية.

تتفاوت معايير الأمان بشكل ملحوظ من بلد إلي آخر، ويتفاوت الاهتمـام بالآثـار الصحية التي يمكن أن يسببها التعرض لمجال الترددات الراديويـة فـوق حـدود الأمان. فبينما تهتم دول مثل روسيا وكوبا وإيطاليا بموضوع الترددات المنخفضه جدا (أقل من 300 هرتز)، والتي ترتبط أساسا بشبكات نقل وتوزيـع الكهربـاء، وتهتم دول أخرى بمحطات الإذاعة والتلفاز ومحطات الهاتف الجـوال، بينمـا لا تعتبر بلدان أخرى المسألة هامة من الأساس.ولازال التأثير الـصحي لإشـعاعات محطات الهاتف الجوال محط اهتمام قطاعات واسـعة مـن المنظمـات الأهليـة

والحكومية ، وفي هذا السياق يجب مراعاة اختلاف الآثار الصحية طبقـا للمـدى والتردد. عندما يتعرض الشخص للموجات الراديوية الصادرة من الهواتف الجوالة أو المحطات الأساسية، فان الجزء الأكبر من الطاقة سوف ينعكس من الجـسم أو تنتقل من حوله (ويسمى ذلك بالحيود). بعض الطاقة تمتصها الأنسجة على سـطح الجسم وفي داخل الجسم فان جزيئات معينة ، مثل الماء ، سوف تبدأ في الحركـة أو الدوران بسبب وجود المجالات االكهرومغناطيسية ونتيجة لذلك يـتم تحويـل الطاقة االكهرومغناطيسية إلى حرارة.فإذا كانت شدة الموجة الراديوية عالية جـدا ،فقد تكون الحرارة كبيرة ويحتمل أن تكون ضارة. الطاقة المستخدمة في الهواتف الجوالة عادة ما تكون منخفضه جدا وتسخين الأنسجة نتيجة لامتصاص الموجـات يكون صغير جدا بحيث لا يمكن ملاحظته.

7 – 5 التأثيرات غير الحرارية Non- Thermal Effects:

طاقة ألكمات الإشعاعية عند الترددات 0.9 و 1.8 جيجا هرتـز تـساوي 4 و 7 مايكرو إلكترون فولط، على التوالي. هذه القيم ضئيلة للغاية مقارنة مع الطاقـة 1 إلكترون فولت اللازمة لكسر أضعف الروابط الكيميائية فـي الجزيئـات الجينيـة (الحمض النووي DNA)، لدلك فأنة من غير الممكن أن تقوم إشعاعات الترددات الراديوية بإلحاق الضرر في الحمض النووي بصورة مباشرة ، أو تحفيز الخلايـا إلى الإصابة بالسرطان.

يمكن أن يولد مجال الترددات الراديوية آثارا أخرى يمكن كشفها إذا كـان تـأثير المجال الكهربائي داخل النظام البيولوجي المعرض لا يمكن أن يتأثر بالـضوضاء الحرارية. الضوضاء الحرارية أو الحركة العشوائية ، التي تعرف أيـضا باسـم الحركة البراونية ، يرجع سببها للطاقة الحرارية التي تتعرض لها كافة الكائنـات عند درجات الحرارة فوق الصفر المطلق والتي تؤدي إلى اهتزاز الـذرات فـي المواد الصلبة و الحركة العشوائية للغازات والسوائل وتنتج اصطدامات متكررة مع ذرات أخرى. لذلك فان جميع مكونات الأنسجة البايولوجية ،الأيونات ،الجزيئـات

والخلايا هي في حركة مستمرة. الطاقة الحرارية لكل عنصر له معدل قيمة يرمز له, kT ، حيث k ، هو ثابت بولتزمان ويساوي 86 درجة مطلقة لكل مايكرو فولط ، T هو درجة الحرارة المطلقة بالكلفن. قيمة T حوالي 300 درجة حرارة مطلقة عند حرارة الجسم بحيث kT يساوي 26 ملي إلكترون فولط ، وهي أكبر بكثير من الطاقة ألحركية التي يولدها المجال الكهربائي . تأثيرات ألمجال سوف تحجبها الضوضاء الحرارية (لم يتم الكشف عنها في أي جزء من الأنسجه البايولوجية). هذه المقارنة بالضوضاء الحرارية ينبغي أن توفر قدر كبير من قياسات القيمة الدنيا للمجال الكهربائي اللازمه لاكتشاف الآثار البايولوجية.

تجدر الإشارة ، إلى أنه هناك حالة خاصه يكون فيها النظام البيولوجي حساسا لبعض المجالات عند تردد يسمى تردد الرنين ولا يكون حساسا عند ترددات أخرى ، لذلك فإن المقارنة تتم في حالة الحركة الناتجه عن الحرارة التي تجري في ترددات قريبة من تردد الرنين. فإذا كان رنين الترددات الراديوية حاد جدا ، فان تاثيرة سيكون أكبر بكثير من الضوضاء الحرارية الكلية ، لذلك فأن المجالات الكهربائية الصغيرة جدا قد تكون لها آثار يمكن اكتشافها في أنظمة رنينيه من هذا النوع ،والتي تتواجد في الأنسجة البايولوجية.

الآثار غير الحرارية يمكن أن تنشأ عن:

1 - حركة الأيونات: نتيجة تأثير المجالات الكهربائية على المادة، تتحرك الأيونات ذهابا وإيابا لكن مدى هذه الحركة يتناقص بشكل حاد نتيجة لزوجة السائل المحيط بها. ألحركة تكون لمسافة أقل من 10^{-14} م (قطر نواة الذرة) لمجال مقداره 100 فولت / م والطاقة التي تترافق مع هذه ألحركه هو أقل من ألحركه الحرارية للايون بمعامل يقترب من 10^{15} هذه القيمه من الضآلة بحيث لا يمكن أن تسفر عن أي تاثيرات بيولوجيه غير حراريه.

2 – استقطاب جزيئات الخلية: توثر الترددات الراديوية على الخلايا وتؤدي قوة تجاذب بينهما بوجود المجال الكهربائي إلى استقطاب الخليه ، وهذا يعني أن

الشحنات في الخلية تتحرك بحيث يصبح جانب منها موجبا نسبة للجانب الآخـــر. لذلك تصبح الخليه ثنائية القطـــب الكهربـــائي ، وتجـــذب نحوهـــا الخلايـــا ذات الاستقطاب المتماثل . طاقه بعض الخلايا عند ترددات تقل عن 100 ميجاهرتز ، تحسب لكي تصبح قابلة للمقارنة مع الضوضاء الحرارية في المجالات الكهربائية المساوية إلى 300 فولط / م. وقد حسبت الطاقات وكانت قليلة بشكل ملحوظ عند مجالات الترددات الراديوية ، نظرا لأن هذه القيم تعتمد على الهيكـــل التفـــصيلي للعناصر البايولوجية المعنيه ، فان إمكانيه حصول التأثيرات البايولوجية للمجالات من هذا الحجم لا يمكن استبعادها.

3 - الآثار البايولوجية على غشاء الخليه:

من المعروف أن الخصائص الكهربائيه للأغشية لها خواص غيـــر خطيـــه فعنـــد تطبيق فرق جهد كهربائي عبر الغشاء يتولد تيار يتحرك خلال الغشاء في أي من الاتجاهين وان التيار المار لا يتناسب مع الجهد دائما. جزء من هذه العلاقه غيـــر الخطيه يمكن أن تكون نتيجة لتأثير المجال الكهربائي على البروتينات في الغـــشاء أو القريبة منه ، مما يساعد على مرور التيارات المتولدة خلال الغـــشاء. يعمـــل الغشاء أيضا بمثابة مقوم rectifier . فعند تطبيق الفولطيه على سلك فان قيمـــة التيار الكهربائي المار تتوقف فقط على قيمة الجهد .فإذا عكست قطبية الجهد فـــان اتجاه التيار سوف يتغير ولكن مقداره لا يتغير.ومع ذلك ، فعند تغير قطبية الجهـــد المطبق عبر المقوم فان التيار يعكس اتجاهه و يتغير مقداره .لذلك فعند تطبيـــق جهد متذبذب (مجال كهربائي) عبر المقوم ، فان مجموع التيارات المارة عنـــدما يكون المجال في اتجاه واحد لا تساوي التيارات عندما يكون المجال في الاتجـــاه ألأخر . المجال المتردد يولد تيار يمر خلال الغشاء. ومع ذلك ، فإن زمن استجابة بوابات الايون أبطأ بكثير من زمن ترددات الموجات المايكرووية ، وقد تبين بأن المجالات الكهربائيه التي مقدارها 200 فولط / م ، تولد تغير نسبي صغير جدا في جهد الغشاء. لذلك لا يبدو من وجود تأثيرات بيولوجيه من هذه الآلية.

الحد الأقصى لمقدار المجال الكهربائي المتولد في الرأس من قبل هوائي الهاتف الجوال هو حوالي 100 فولت / م ، لكن المجال الكهربائي داخل المخ سيكون أقل بشكل ملحوظ. آليات ألمجالات بهذا الحجم يمكن أن تولد تأثيرات بيولوجيه غير حراريه من خلال حركة الخلايا الكبيرة أو من خلال التجاذب بين الخلايا المجاورة. في هذه المرحله ، على الرغم من عدم وجود الادله التجريبيه لدعم هذه الآليات ، فان إمكانية حصول مثل هذه التأثيرات لا يمكن استبعادة .

أما في حالة المحطات القاعديه للهواتف الجوالة فان الحد الأقصى لحجم المجالات الكهربائيه الناتجه عنها لعامة الجمهور حوالي 5 فولط / م ، على الرغم بأن أكبر مجال تم قياسه حتى الآن في بريطانيا حوالي 2 فولط / م ، وشدة المجال المناظرة داخل الجسم أصغر من ذلك بشكل ملحوظ. آلية التأثيرات البايولوجية في هذه المجالات المنخفضه نسبيا يعتمد على وجود حالة متشاكهة coherent من الاهتزازات الميكانيكيه في الأنسجة البايولوجية. وبالرغم من مرور أكثر من 30 عاما على اقتراح هذه الإلية ، فأنة لا تتوفر أدلة مقنعة لهذه الحالة ، أو لأي سلوك ريني ، ويبدو أن يلقي ظلالا من الشك على وجودها ، ولكن لا يمكن أن نستبعد تماما مثل هذه التأثيرات. تجدر الإشارة ، إلى أن احد الباحثين عام (1994) قد افترض إمكانيه أعم لنقل الطاقة من خلال آلية الرنين واستنتاجه إلى أن آلاثار البايولوجية قد تكون من الصغر بحيث لا يمكن قياسها في أي قيمة للمجال الكهربائي. ويمكن تلخيص ذلك بان هناك القليل من الادله لدعم سلوك الرنين ، ولكن يتطلب المزيد من البحوث للتأكد من هذه الآلية.

الأثر الوحيد الواضح لمجال ألترددات اللاسلكيه ومجال الموجات المايكرويه على النظم البايولوجية هو ارتفاع درجات الحرارة. على الرغم من أن تفاعلات المجالات ذات التردد العالي قد جرى البحث فيها منذ الثلاثينات من القرن الماضي ، لكن السؤال المثير للجدل و المطروح الآن حول وجود أثار "غير حراريه" إضافة للآثار الحرارية والتي يجب أن تأخذ في الاعتبار عند وضع حدود

السلامه. وسبب الجدل يعود إلى تلك البحوث التي تدعي أنها وجدت مثل هذه الآثار "غير الحرارية" عند إجراء التجارب في المختبر على الخلايا ، وكذلك تجارب على متطوعين من البشر أو تجارب الحيوانات. مصطلحي " التاثيرالحراري" و "غير الحراري يمكن تفسيره ، من المنظور البيولوجي والفيزيائي(الحياتي) ، آليات التفاعل الممكنه ، و النتائج التجريبيه ، التي تعتمد على أجهزة التجربه. النتائج التجريبيه عن الآثار "غير الحرارية" تحصل في الحالات التالية :

- إذا كانت شدة ألتشعيع في التجربة منخفضه جدا بحيث من غير المرجح أن تحدث تغييرات في درجات حرارة الجسم .
- إذا لم يتم قياس تغير ملموس في درجة الحرارة أثناء تشعيع الجسم أو وعاء التجربه، أو الماء المحيط والتي تبرر وجود درجة حرارة ثابتة خلال التعرض.
- إذا كان الارتفاع في درجة الحرارة الناجمة عن الحرارة لا يظهر آثار مماثلة لتلك الناجمة عن التعرض للموجات الراديوية .

التأثير "غير الحراري" هو التأثير الذي لا يكون مصحوبا بزيادة متوقعة أو قابلة للقياس في درجة الحرارة ، أو إذا كانت تاثيراته لا تتطابق مع التي تلك التي تحدث بعد التدفئة التقليدية. التعريف الحياتي للتأثير "غير الحراري" يستند إلى أنواع آليات تفاعل المجال الكهرومغناطيسي. تعتبر الآليات غير حراريه إذا كان تفاعل متجه المجال الكهربائي (أو المغناطيسي) للترددات الراديوية مع شحنة أو ثنائيات أقطاب الجزيئات في النظام الحي يؤدي مباشرة إلى آثار محددة غير الحرارة . أشار احد الباحثين إلى أن "التأثير غير الحراري" يحصل عندما تحصل التغييرات في خصائص النظام بطريقه لا يمكن أن تتحقق عن طريق التسخين ، أي عندما يكون ناتج التعرض غير خطيا. وقد أوضحت حسابات الباحث بأن المجالات الكهرومغناطيسية القوية للغاية ستكون ضروريه لتحريك الجزيئات ثنائية

الأقطاب. في الواقع فان الآثار غير الحرارية في هذا المعنى معروفه جيدا ، كما في حالة الدوران الكهربائي للخلايا. لحث الآثار غير الحرارية فان شدة المجال الكهربائي المطلوبة اكبر بكثير من تلك التي تستخدم في أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكيه العادية. وبالتالي فان الدوران الكهربائي للخلايا يصاحبه إنتاج كبير للحرارة. وفقا للتعريف "التجريبي" ، فإنها تصنف على أنها " تأثيرات حراريه". فهي ذات أهمية خاصة فيما يتعلق بتطبيقات التكنولوجيا الحيويه ، لكن لا علاقة لها في موضوع حدود السلامه .

وجود " الآثار غير- الحرارية الناتج عن مجال الترددات الراديوه الضعيفه لا تتعلق في معظمها بالآلية الحيويه ، ولكنها تستخدم بالإدراك التجريبي، و هو الأثر الذي لا يكون مصحوبا بزيادة متوقعه أو قابلة للقياس لدرجة الحرارة ، والتي لا تتطابق مع الآثار التي تحدث بعد التسخين التقليدي. في الآونة الأخيرة ، تم العثور على فئة متخصصه من بروتينات النقل التي تعمل كمستقبلات حراريه thermo receptor في أغشية الخليه ، ليس فقط في خلايا الأجهزة المتخصصة ، ولكن أيضا في الخلايا الكيراتينيه الطبيعيه وغيرها. نسبة الإشارة إلى الضوضاء المثلى للمستقبلات الحرارية في هذا النظام تحسب عن طريق حساب متوسط استجابة العديد من البروتينات و الخلايا . تم اتخاذ كثير من الخطوات لمعالجة المعلومات لثوابت زمنية مختلفة هي اقل من ميكروثانية لردود الفعل الأولية لبروتينات الغشاء، ميلي ثانية للإثارة العصبيه ، و أعشار الثواني أو حتى دقيقه للعواقب السلوكية. عتبة هذا النظام يمكن أن يكون أقل من حساسية الأجهزة التقنيه لقياس درجة الحرارة أو التحكم بها في التجارب. الآثار التي وجدت في تجارب مجال الترددات اللاسلكية الضعيفه يمكن أن يكون "شبه حراري" أو " حراري قليل " للتفاعلات مع النظام البيولوجي ذات الإحساس الحراري والتنظيم الحراري. هناك عدد من ردود الأفعال ليس من المستبعد ، أن تحدث عند درجة حرارة غير مرتفعة بما يكفي ليمكن التحسس بها من قبل الجهاز العصبي المركزي. لكن التأثير

على البروتين يؤدي للتأثير على الدورة الدموية الموقعيه ، أو تأثيرات أخرى قد تكون نتيجة للتحفيز الحراري . إذا كانت الآثار "غير الحرارية" ، التي وجدت في التجارب باستخدام نظم تعرض دقيقه وقياس دقيق للجرعات ، تستند إلى تفعيل النظام الجزيئي للاستشعار الحراري ، فإنها بالتالي لا بد أن تصنف على أنها استجابه لردود يومية بدون تأثير حقيقي على ألصحه. قدرة الاتصالات المستخدمه في الهواتف الجوالة في كثير من الأحيان تكون فيها نبضة تردد الإشارة الحاملة منخفضه. الباحث الألماني رولاند جلاسر ، قد بين أن هناك عدة جزيئات في الخلايا تعتبر مستقبلات حراريه، والتي تقوم بتنشيط سلسلة من منظومات الاستقبال الثانية والثالثة والتي لها القدرة على إنتاج ما يسمى بروتينات الصدمة الحرارية التي تقوم بالدفاع عن الخلية لمكافحة الإجهاد الأيضي في الخليه التي تسببها الحرارة. الزيادة في درجة الحرارة التي تتسبب في هذه التغييرات صغيرة جدا بحيث لا يمكن الكشف عنها ، وقد استند الباحث في جميع حجته على الاستقرار الظاهري في التوازن الحراري في الخليه. في الواقع هناك العديد من الدراسات لمعرفة الآثار الصحيه المحتمله من مجالات الترددات الراديوية (اللاسلكية) في السنوات الخمسين الماضيه. المخاطر الصحية بسبب الحرارة معروفا منذ أكثر من قرن ، لذلك فان معظم البحوث التي أجريت في العقود القليله الماضيه على الآثار المحتمله التي لا ترتبط بالحرارة ، والتي تسمى الآثار غير الحرارية.

7 – 6 السرطان

الحامض النووي DNA في الكروموسومات ، والتي تتحكم في نمو ووظيفة الخلايا ، عادة ما تكون ثابتة بشكل ملحوظ . هناك مجموعه متنوعه من آليات حماية وإصلاح أضرار الحامض النووي. بعض الإشعاعات مثل الأشعة السينيه وأشعة جاما تتسبب في تلف الحامض النووي والتي تسمى السميه الجينيه genotoxic أو التشوهات الخلقيه. السميه الجينيه للخلية بأنواع مختلفة منها

التشوهات في مظهر الكروموسومات ، انكماش نواة الخلية ، والطفرات الوراثية. السمية الجينية تحدث باستمرار في جسم الكائن الحي ، ويرجع ذلك بسبب التعرض لمجموعه متنوعه من المطفرات الطبيعيه والاصطناعيه ، أو يمكن أن تحدث تلقائيا من خلال أخطاء عشوائية عند استنساخ الحامض النووي أثناء انقسام الخلية. معظم الأضرار يتم إصلاحها إذا كانت صغيرة أما إذا كانت كبيرة فان الخليه يمكن أن تموت. وفي بعض الحالات يمكن أن تحصل سلسلة من ألأضرار الجينية بشكل طفرات وراثية تدفع الخليه بعدد من الخطوات تجاه تكون السرطان نتيجة لتتكاثر الخلايا من خلال الانقسام غير المسيطر علية للخليه .

المتفق علية الآن بأن السرطان يبدأ نتيجة لتغير في المادة الوراثية (DNA) للخلية (الآثار السمية) ، ولكن توجد بعض المواد الكيميائيه غير السميه تسمى المواد المسرطنه والتي يمكن أن تؤدي إلى حدوث السرطان في الخليه من دون أي حافز خارجي آخر ولكن حدوث بعض الحالات مثل تحفيز الخلايا للانقسام أو غياب الإشارات اللازمه لتتخصص الخلايا، العامل الذي يسبب المزيد من التقدم نحو السرطنه غالبا ما يطلق عليه العامل المشجع promoting agent . الدراسات عن الآثار السميه الجينيه لإشعاع الترددات الراديوية ، تعزز تكاثر الخلايا والتعبير الجيني غير الملائم الحاصل على المستوى الجوال. بالإضافة إلى ذلك ، هناك دراسات علمية طويلة الأجل لاستحداث السرطان في الحيوانات ، بما في ذلك اختبارات التفاعلات الا جينيه مع المواد المسرطنة المعروفه.

ألدراسات المختبريه على الحيوانات في وقت مبكر ومنذ 1971 وضحت بان التعرض الطويل المدى لمجالات الترددات الراديوية يزيد من حدوث الأورام في تلك الحيوانات هذه التجارب قدمت أدلة مباشرة على أن الإشعاع الصادر من الترددات الراديوية يمكن أن يسبب للسرطان. إن التجارب ذات الصلة بالسرطان عانت من قياسات غير دقيقة للجرع والتشريح والمتابعة غير الكفاية .

الآثار الصحية الضارة من الهواتف الجوالة قد درست من قبل علماء ووكالات الصحه منذ 1990 في وقت مبكر من التسعينيات. استجابة لقلق الجمهور فقد دعمت العديد من الحكومات والصناعه الدراسات والبحوث على الإنسان والحيوان ، وهناك الآن كمية كبيرة من المعلومات العلمية حول الآثار الصحيه الضارة من الهواتف الجوالة. هناك العديد من الدراسات حول الهاتف الجوال و من أكثر التساؤلات كانت مشكلة السرطان و هل هناك زيادة في نسبتها عند مستخدمي الجوال. لم تثبت الدراسات العلميه بشكل قاطع لحد الآن أن ترددات الجوال لها علاقة بزيادة نسبه السرطان بالرغم من أن بعض التجارب المختبريه على الحيوانات أشارت إلى احتمال استحداث السرطان بعد التعرض لإشعاع الهاتف الجوال و لكن لازالت الدراسات مستمرة بعضها ينفي والأخرى تثبت.

بعض التقارير خلصت على أن المعلومات المتوفرة عن استخدام الهواتف الجوالة أو التعرض للانبعاث من محطاتها القاعديه لا يسبب سرطان الدماغ أو غيرها من الآثار الصحية. لكن هناك دراسات اعتقدت أن تردد الجوال قد يسبب بعض نشاطات المخ و تفاعلاته و تأثيره على طراز النوم و لكنها تأثيرات ضئيله جدا و ليست ذات أهميه.

الدراسات في علم الأوبئة أوضحت عدم وجود علاقه سببيه بين التعرض للموجات الكهرومغناطيسية من الهواتف الجوالة أو محطاتها ، ولكن هناك بعض البحوث الضعيفه أوضحت وجود علاقة بين الاستعمال طويل المدى للهواتف الجوالة وبعض أنواع أورام الدماغ. ما زالت الآثار الصحية للهاتف الجوال تثير جدلاً واسعًا بين الأوساط العلميه المختلفة و تضاربت الآراء حول تأثيرات الهاتف الجوال على الجسم في الفترة الأخيرة. ترى احد الدراسات البريطانية أن الهواتف الجوالة تؤثر في كيمياء الخلايا الحيه، و تؤثر في كهربائية الدماغ لفترة زمنيه قد تطول أو تقصر حسب المدة الزمنيه التي يتعرض لها الإنسان للموجات القصيرة. فشلت ثلاث دراسات أجريت على الفئران بعد تعرضها إلى الموجات الراديوية

المنبعثة من الهواتف الجوالة من إثبات وجود علاقه بين سرطان الدماغ واستخدام الهواتف الجوالة. أحد المجموعات البحثية بولاية كاليفورنيا الأمريكية أشارت إلى أن الموجات الراديوية المنبعثة من الهواتف الجوالة يمكن أن تقلل نسبة حدوث السرطان، لكن دراسات أخرى رأت أنها نتائج خاطئة. أشارت بعض الدراسات إلى أن نسبة حدوث السرطانات اللمفاوية والدماغية يمكن أن تزداد بشكل واضح لدى الذين يستخدمون الهاتف الجوال لأكثر من 20 دقيقة دفعة واحدة في كل اتصال. قد يكون سبب تباين النتائج بين الدراسات هو الأخطاء العلمية أو الإحصائية نتيجة لاستخدام عدد قليل من الحيوانات؛ حيث لا تظهر صورة واضحة للنتائج، أو يمكن أن تعود ببساطة إلى دراسات غير دقيقة وغير أصيلة لبعض الشركات المصنعة للهواتف الحرارية.فقد ذكرت الدراسات الحديثة في المعهد الوطني للعلوم الفيزيائية في بريطانيا أن تأثير الهواتف الجوالة على الدماغ يختلف من جهاز إلى آخر، كذلك يختلف حسب وضعية الهوائي المعلق في الهاتف، فتكون التأثيرات أقل إذا كان الهوائي مرفوعًا، وبينت الدراسات أن استخدام سماعة الأذن التابعة للهاتف الجوال قد تقلل من وصول الأمواج إلى الدماغ بمعدل 90% ؛ لذلك ينصح باستخدام السماعة.هناك دراسات تشير إلى أن تعريض الإنسان للهاتف الجوال لفترة زمنية محددة يزيد من سرعة استعادة المعلومات من الدماغ على المدى القصير ؛ إذ وجد أن استجابة الناس لأسئلة مطروحة على الكمبيوتر أفضل لدى مستخدمي الهواتف الجوالة بنسبة 4% . ومن الدراسات البريطانية في جامعة نوتنغهام حول تأثير الهواتف الجوالة على الجسم، التي توصلت إلى أن تسليط الأمواج القصيرة جدًا على نوع من الديدان الصغيرة أدى إلى زيادة نموها بمعدل 5% مقارنة بالديدان الأخرى، وهذا يعني أن الهواتف الجوالة يمكن أن تزيد من الانقسام الجوال، وبالتالي مخاوف حدوث السرطان. فبالنسبة للترددات المنخفضه جدا أي أقل من 300 هرتز دعي المؤتمر الدولي الذي عقد في جنيف عام 1997 إلي مواصلة البحوث حول مدي ارتباط المجالات الكهرومغناطيسية منخفضه

الترددات وبعض الأمراض مثل سرطان الدم (اللوكيميا) عند الأطفال وسرطان الثدي عند النساء وأمراض الجهاز العصبي المركزي ومنها الزهايمر، فهناك دراسات عديدة حول إصابة الأطفال الذين يسكنون بجوار خطوط القوي الكهربائية ذات الجهد العالي بسرطان الدم أكثر من ساكني المناطق الأخرى فقد أظهرت الدراسات التي أجريت علي مئات الأطفال الذين يعيشون بالقرب من تلك الخطوط أنهم يتعرضون للإصابة بأمراض الجهاز العصبي وسرطان الدم ضعف الأطفال الآخرين الذين يسكنون بعيدا عن هذه الخطوط.أما بالنسبة لترددات الرادارات فقد أكدت تجارب أجريت في الاتحاد السوفيتي السابق أن التعرض لموجات الرادار لفترة طويلة قد يؤدي للصداع والإجهاد العصبي كما قد يؤدي لفقدان الذاكرة. فضلا عن احتمالات الإصابة بالسرطان وهو الأمر الذي أظهرته التجارب على الفئران. أما بالنسبة للآثار الصحية لمحطات البث الإذاعي والتلفازي، فيمكن أن يسبب التعرض لمستويات مرتفعة من الترددات الراديوية الناتجة من أبراج بث وتقوية تلك المحطات الإصابة ببعض الحالات المرضية. وقد أوضحت الدراسة أن هناك زيادة في معدل الإصابة ببعض الحالات المرضية عن المعدل المعتاد.

بعض الدراسات أشارت إلى إمكانية وجود صلة بين التعرض للترددات اللاسلكية والموجات المايكروية والسرطان، النتائج لم تسفر حتى الآن عن نتائج حاسمة. في حين أن بعض المعلومات التجريبية قد اقترحت احتمال وجود صلة بين التعرض واستحداث الاورم في الحيوانات التي تعرضت في ظل ظروف معينة ، لكن النتائج لم تكرر بشكل مستقل. فشلت دراسات أخرى في العثور على وجود علاقة سببية بين التعرض للموجات الراديوية ومرض السرطان. تجري حاليا مزيد من البحوث في مختبرات عدة للمساعدة في حل هذه المسألة وهناك عدد محدود من الادلـه العلمية على وجود ارتباط بين المجالات الكهرومغناطيسية وسرطان الدم لدى الأطفال. هذا لا يعني أن المجالات الكهرومغناطيسية تسبب السرطان ، ولكن مثل هذا الاحتمال لا يمكن استبعاده. البحوث الكثيرة التي أجريت في المختبرات لم تؤيد

هذا الاحتمال ،وعموما فإن الادله تعتبر ضعيفة ، مما يشير إلى أنــه مــن غيــر المرجح أن المجالات الكهرومغناطيسية تسبب سرطان الدم لدى الأطفال.ومع ذلك ، ينبغي أن الادله لا يمكن تجاهلها ، و اتخاذ التدابير الوقائية لتقليل تعرض الناس. الارتباط بين التعرض للأشعة المنبعثة وسرطان الدماغ.قد تمت دراســته بــشكل مستفيض من قبل الوكالة الدولية لأبحاث السرطان. شملت هذه الدراسات أكثر من 13 دولة عدد سكانها مجتمعة أكثر من 46 مليون نسمة تتراوح أعمارهم بين 30 و 59 سنة الذين يقيمون في مجال الدراسة والذين تم تشخيص حالة واحدة أو أكثر من أورام في الرأس (السرطانية أو غير السرطانية) بين عامي 2000 و 2004. هذه الدراسات ، درست ما يقرب من 6400 مريض يعانون احد ألأنواع الأربعــة من أورام الدماغ ، بما في ذلك أورام المخ ، مع مــا يقــرب مــن 7600 مــن الأصحاء.وقد أظهرت دراسات أخرى بأنة لا يوجد ارتباط بين استخدام الهواتــف الجوالة لمدة تقل عن 10 سنوات ، وأي شكل من أورم المخ. ومع ذلك ، ظهــرت بعض الدراسات ، ذات دلائل إحصائية ضعيفة وبين التوسع في استخدام الهواتــف الجوالة (أكثر من 10 سنوات) وبعض أورام المخ. حيث وجد احد الباحثين (كولا وزملاؤه عام 2007) بأنة لا يوجد دليل على خطر متزايد من ســرطان الــدماغ واستخدام الهاتف الجوال لفترات تقل عن 10 سنوات، ولكن وجدت أدلة ضــعيفة لسرطان الدماغ لمستخدمي الهواتف الجوالة لأكثر من 10 ســنوات كــذلك أكــد باحثون في معهد كارولينسكا السويدي بعد أجراء دراسة وبائية عــام 2004 بــأن الاستخدام المنتظم للهاتف الجوال على مدى عقد من الزمــان أو أكثــر ، يكــون مرتبطا بزيادة مخاطر التعرض لأورام في العصب السمعي ، وهــو نــوع مــن الأورام الحميدة في المخ. هذه الزيادة لم تلاحظ في الذين استخدموا الهواتف لأقل من 10 عاما. وخلص الباحثون بان النتائج النهائية لا تشير إلى وجــود خطــر متزايد لسرطان الدماغ ، واقترحت إجراء بحوث إضافية في هذا الموضوع قبــل استخلاص استنتاجات قاطعة . تم إجراء دراســات لتــأثير التعــرض للتــرددات

اللاسلكية لفترة طويلة على الحيوانات والتي أظهرت على أن التعرض لطاقة الترددات اللاسلكية لا تسبب السرطان، وأنه لا توجد آلية مقبولة بان التردد الراديوي الناتج من الهواتف الجوالة يمكن أن تنتج تأثيرات بيولوجية سلبية ، فضلا عن تلك التي تسببها الحرارة. وأكدت وكالات الصحة إلى توخي الحذر في قبول الإحصائيات الضعيفة باعتبارها دليلا على أن التعرض للهواتف الحرارية يمكن أن يسبب مرض السرطان . أوضحت هيئة الوقاية من الإشعاع السويدية عام (2007) وكذلك دراسة ايرلندية بان استخدام الهواتف الجوالة على المدى القصير لا يؤدي إلى مخاطر الإصابة بسرطان الرأس والعنق لدى البالغين. ولكن هناك قلق حول الاستخدام طويل الأمد للهاتف الجوال. التحقيقات في الآثار الصحية المحتملة للهواتف الحرارية سوف يستمر في المستقبل ، وستكون مهمته تحديد التأثيرات الصحية في حالة الاستخدام الطويل الأجل أو الأطفال.عدد كبير من البحوث المتاحة حاليا لا تشير إلى أن استخدام الهواتف الجوالة أو التعرض للانبعاث من محطاتها القاعديه يسبب سرطان الدماغ أو غيرها من الأثر الصحي.

في عام 1996 ، تبنت منظمة الصحة العالمية برنامج سمى المشروع الدولي للمجالات االكهرومغناطيسية ، يهدف المشروع إلى إعادة النظر في المؤلفات العلمية بشأن التأثيرات البايولوجية للمجالات الكهرومغناطيسية ، وتحديد الثغرات في المعارف عن هذه الآثار ، وقد تمت التوصية بإجراء بحوث في هذا المجال ، والعمل على قرار دولي عن المخاطر الصحية على استخدام تقنيات الترددات الراديوية. لا تتوفر بيانات تشير إلى المخاطر الصحية لاستخدام الهواتف الجوالة من قبل الأطفال. مع ذلك ، فان السلطات السويدية والبريطانية ، توصي بإتباع نهج وقائي للحد من استخدام الهواتف الجوالة من قبل الأطفال إما بتقليل المكالمات غير الضرورية أو التقليل من التعرض باستخدام السماعة. في هولندا لا يعتبر استخدام الهواتف الجوالة من قبل الأطفال مشكلة. لا تتوفر لحد ألان البحوث التي تؤكد الآثار الصحية السلبية الناجمة عن استخدام الأطفال للهواتف الحرارية ، ولكن

منظمة الصحة العالمية قد أوصت بإجراء بحوث أكثر بشأن هذه المسألة. حاليا لا يوجد أي دليل علمي على أن الأطفال ، والمرضى أو كبار السن هم أكثر حساسية تجاه أي التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية من البالغين الأصحاء. ومع ذلك ، فإن المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية ICNIRP وقد وضعت عامل أمان إضافي مقداره 5 على حدود التعرض لتأخذ في الاعتبار هذا الاحتمال. عقدت منظمة الصحة العالمية مؤخرا حلقة عمل لتحديد ما إذا كان الأطفال أكثر حساسية من الكبار ، واستنتجوا أن الأطفال بعد سن السنتين لا يكونون أكثر حساسية من البالغين ، وأن المبادئ التوجيهية الحالية للهيئةICNIRP تقدم الحماية الكافية للأطفال من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

7 – 7 تأثيرات أخرى

الهواتف الجوالة يمكن أن تتداخل مع منظمات القلب الالكترونيه.لكن الأجهزة الحديثة لتنظيم ضربات القلب ، وأجهزة تحفيز الدماغ أقل عرضة للتدخل. ومع ذلك ، فإنه من المستحسن أن تبقي الهاتف على بعد لا يقل عن 30 سم عن الأجهزة المزروعة ، أي ضع الهاتف على الجانب المعاكس الزرع عند إجراء المكالمات.

الدراسات المبكرة اقترحت بان حاجز الدم في المخ ، والتي عادة ما تمنع الجزيئات الكبيرة من العبور من الدم إلى السائل النخاعي ، قد تتأثر بالمجالات ذات المستوى المنخفض لنبضات الترددات الراديوية. الآثار المترتبة على نفوذية المخ قد تم التحقيق منها من خلال مقارنة الاختراق في المخ في الحيوانات المعرضة وحيوانات السيطرة بعد الحقن في الوريد بمركبات مختلفة.وقد بدأ الاهتمام بهذه التأثيرات منذ (1975) حيث لوحظ زيادة اختراق الدم لحاجز المخ من الفئران المخدرة بعد تعرضها الحاد لمستوى مجالات تسببه النبضات الراديوية أو الموجات المتواصلة ذات التردد 1.2 جيجا هرتز. لكن ألمزيد من الدراسات،التي أجريت في وقت لاحق ، أشارت إلى أن الدراسات المبكرة عانت من مختلف العوامل مثل

تغيير تدفق الدم إلى المخ ، تأثير المخدر ، والتغيرات في التصفية الكلوية. الادلـــه المتاحة على تأثير التعرض للترددات الراديوية على حاجز الدم في المخ متضاربة ومتناقضة. الدراسات الجيدة التي أجريت مؤخرا لم تسجل أي آثار على حاجز الدم في المخ.

من المؤكد بان الزيادة في درجة الحرارة الأساسية بمقدار 1 درجة سليزية أو أكثر تؤدي إلى تغييرات في أداء مهام التعلم وغيرها من السلوكيات البسيطة. ومع ذلك ، لا توجد أي أدلة تجريبية مؤكدة على أن التعرض لمجالات الترددات الراديويـــة المنخفضه المستوى يؤثر على التعلم والذاكرة للحيوانات. احـــد الدراســـات عـــام 1990 تشير إلى أن التعلم يمكن أن يشوش عندما يكون معدل القـــدرة الممتـــصة SAR أقل من 1 واط / كجم. علما بان ذروة نبضة الطاقة كان أعلى بكثير مـــن تلك المنبعثة من الهواتف الجوالة ، التأثيرات التي وجدت من خلال التجارب على الحيوانات كانت غير دقيقة من الناحية الإحصائية بالرغم من أنها أشارت إلـــى أن بعض المهام الإدراكية قد تظهر حساسية خاصة تجاه التعرض للترددات الراديوية ،الآثار المترتبة على هذه التصرفات قد تحدث في معدل قدرة ممتصة أقل من تلك المطلوبة لتشويش المهام التعليمية. تقييم تأثير المجالات المرتبطة بالهواتف الجوالة على الذاكرة أو التعلم يتطلب المزيد من البحوث والدراسات .

المحطات القاعديه ، والهوائيات تبعث الإشعاع بصفة مـــستمرة ، لكـــن طاقتهـــا تنخفض بشكل كبير مع مربع المسافة عن قاعدة الهوائي. وجـــدت العديـــد مـــن الدراسات الاستقصائية بظهور بعض الأعراض تبعا لقربها من مصادر الموجـــات الكهرومغناطيسية للهواتف الحرارية. في عام 2002 أوضحت دراسة فرنسية بان مجموعة متنوعة من الاعراض الذاتية مثل التعب والصداع واضـــطراب النـــوم وفقدان الذاكرة لبعض الأشخاص الذين كانوا يعيشون في حدود 300 متر من احد الأبراج في المناطق الريفية ، أو على مسافة 100 متر من المحطات القاعديه في المناطق الحضرية.

إلا أن دراسة أجريت في جامعة إسكس وآخري في سويسرا أشارت إلى أن هوائيات ألهاتف الجوال من غير المرجح أن تسبب هذه الآثار على المدى القصير في مجموعة من المتطوعين.

مع تقدم التكنولوجيا وزيادة الطلب على البيانات على شبكة للهاتف الجوال ، والتي شهدت ارتفاعا حادا في عددا الأبراج والذي يحتاج إلى دراسات كثيرة .هوائيات المحطات القاعديه للجيل الثالث من ألهاتف الجوال تعمل بمستويات منخفضه نسبيا من الطاقة الإشعاعية. لذلك فان التعرض الناتج من هذه الهوائيات يكون قليلا .المجالات الكهرومغناطيسية المرتفعة يمكن أن تحث مجالا كهربائيا وتيار كهربائي في الأنسجة والذي يؤدي إلى تحفيز الأعصاب و العضلات. ولكن المجالات االكهرومغناطيسية الموجودة في بيئتنا متدنية جدا بحيث لا تؤدي إلى أي تأثيرات صحية حادة ، فيما عدا الصدمات الكهربائية الصغيرة التي يمكن أن تحدث عند لمس الأجسام الموصلة المشحونة. لم يتضح وجود أي آثار ضارة بالصحة عند التعرض لحدود اقل من تلك التي اقترحتها المبادئ التوجيهية الدولية.

في عام 1998 ، وضعت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) مبادئها التوجيهية لتغطي التعرض للإشعاع الناتج عن التردد الراديوي. و كانت تستند أساسا على الادله نفسها التي استخدمت من قبل المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع NRPB في بريطانيا، والتي كانت فيها حدود التعرض للعاملين والجمهور متشابهة. لكن المبادئ التوجيهية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين وضعت حدود مختلفة لتعرض للعاملين والجمهور ، حيث إن أقصى مستويات التعرض للجمهور نحو خمس مرات أقل من تلك الموصى بها بالنسبة للعمال. والسبب في ذلك هو الاحتمال بأن بعض أفراد الجمهور قد يكونوا حساسين لإشعاع الترددات الراديوية. ومع ذلك ، لا يوجد دليل علمي مفصل لتبرير هذا الفرق في حدود التعرض.

الفصل الثامن

مخاطر ابراج الهاتف الجوال

8 - 1 تقييم المخاطر Risk Assessment

تقييم المخاطر هي عملية تحديد الأضرار المحتملة (الأخطار) المرتبطة بالتكنولوجيا أو التطور ، واحتمال وقوعها. قد تكون المخاطر على صحة الإنسان ، البيئة ، أو قد تكون اقتصادية ، ولكن في هذا الفصل سوف نركز على دراسة المخاطر على الإنسان. تحديد و تقدير المخاطر يستند على مصادر المعلومات التالية :

1 - الدراسات النظرية:Theoretical studies

وغالبا ما يتم التنبؤ بأخطار التكنولوجيا الجديدة على أسس نظرية ،خاصة عندما تكون تطور لتقنيات مماثلة قيد الاستخدام. وعند فهم هذه الأخطار جيدا يمكن تقييم المخاطر لمستويات التعرض التي قد تحدث. فعلى سبيل المثال أن المخاطر الرئيسية المرتبطة بمنشأة صناعية جديدة قد تكون ناجمة عن الضوضاء والتي قد تؤدي إلى إصابة بعض العاملين بالصمم. العلاقة الكمية بين التعرض للضوضاء والصمم يجب تحديده جيدا، وبالتالي يمكن تقييم المخاطر من خلال المستويات المحتملة لتعرض العمال للضوضاء.

2 - التجارب المختبرية Laboratory experiments :

المصدر آلاخر للمعلومات هي التجارب المختبرية ، ويمكن تنفيذ هذه التجارب في ألمختبر (مثل اختبارات قدرات بعض ألمواد الكيميائية لاستحداث طفرات في المادة الوراثية لبعض أنواع البكتيريا) ،استخدام الحيوانات الحية (مثل اختبارات السمية على المدى الطويل عند استنشاق أو ابتلاع مادة كيميائية بانتظام) ، أو التجارب على الإنسان وهذه التجارب عادة ما تكون نادرة. هذه الدراسات تشكل الأساس لتقييم خطر المواد الكيميائية الجديدة مثل الأدوية والمبيدات الحشرية.

3 - الدراسات الوبائية Epidemiological studies :

الدراسات الوبائية على الناس مهمة أيضا. وتشمل هذه المقارنة معدلات المرض في مجموعات مختلفة من الناس وفقا لتعرضها لمخاطر معروفة .

كل مصدر للمعلومات له مزايا وعيوب عند الاستخدام، فالخلفية العلمية والمعرفة يمكن تطبيقها بسرعة وكلفة زهيدة نسبيا. وتشير الخبرة إلى أن بعض مصادر ألمعلومات عادة ما يمكن الاعتماد عليها ، ولكن ليس دائما. فمثلا ، كان من الصعب التنبؤ بان الاسبستوس يمكن أن يستحث السرطان على أساس المعرفة العلمية في الوقت الذي استخدمت هذه المادة لأول مرة . وبالمثل فإنه قبل الدراسات المستفيضة لم يعرف بأن مرض جنون البقر يشكل مخاطر كبيرة على صحة الناس.

النتائج المختبرية قد يستغرق فترة تصل إلى عدة سنوات لاستكمالها ، ولكن عادة ما يتم تنفذها قبل أن يتعرض الإنسان بنطاق واسع للتكنولوجيا الجديدة. هناك عدم الدقة في استقراء النتائج المستخلصة من الحيوانات إلى البشر، فمثلا المعروف عن الزرنيخ بأنة يسبب سرطان الرئة والجلد في الإنسان ، ولكن محاولات إثبات الخطر على الحيوانات قد باءت بالفشل. الدراسات الوبائية تقدم معلومات مباشرة عن المخاطر على الإنسان ، ولكن زيادة الخطر لا يمكن أن تظهر إلا عند بدء حدوث المرض. يتم منع الأخطار أو إلغاؤها قبل أن تحدث آثار سيئة في البشر. وعلاوة على ذلك ،فان الدقة في تقدير المخاطر الناجمة عن الدراسات الوبائية تحددها القيود العملية والأخلاقية للتعامل مع الإنسان.

في كل مرحلة من مراحل تطوير تكنولوجيا جديدة يتطلب تقييم المخاطر من خلال تجميع ووصف جميع المعلومات ذات الصلة التي تتوفر من المصادر. اعتمادا على كمية المعلومات المتوفرة ، أن تقدير المخاطر سيكون دقيقا بشكل نسبي . معرفة الآثار الضارة الناتجة عن الإشعاع المؤين يمكن التنبؤ بها بدقة نسبية.من ناحية أخرى فان المخاطر المرتبطة بالعديد من ألمواد الكيميائية الصناعية لم تدرس بشكل جيد، على الرغم من أن الادلة الراهنة لا تشير إلى أي خطر مهما منها، فأنه لا يمكن استبعاد هذا الاحتمال بنفس الدقة.

8 - 2 إدارة المخاطر Risk Management

إدارة المخاطر هي العملية التي بواسطتها تتم المقارنة بين المخـــاطر والمنـــافع المرتبطة بالتقنيات أو تطويرها و اتخاذ القرارات بشان المضي قدما فـــي كيفيـــة تنفيذها. قد تكون الفوائد حقيقية أو محتملة ، ومباشرة (مثل تحسن الصحة باستخدام دواء جديد) أو غير مباشرة (مثل استخدام تكنولوجيا أكثر قدرة على المنافـــسة و تعزيز فرص العمل). الموازنة بين المخاطر والفوائد يجب أن تأخذ في الاعتبـــار عدم الدقة في تقدير المخاطر ، و شدة الآثار السلبية التـــي قـــد تنـــشأ. المخـــاطر البسيطة للآثار الصحية مثل الصداع العابر قد تكون مقبولـــة ، وبالمقابـــل فـــأن الصداع قد يكون خطرة أكثر جدية عندما يكون سببه سرطان المخ ولـــن يكـــون مقبولا.

النهج السائد في مجال إدارة المخاطر هو تحديد التأثير السلبي الحاسم على الصحة ، (الذي يحدث في العادة عند أدنى مستوى التعرض). التعـــرض الأدنـــى الـــذي يحصل عنده التأثير يضرب بعد ذلك بعامل "تقييم " ، والذي يعرف أيضا عامـــل" السلامة أو "عدم الدقة" لغرض اشتقاق حدود التعرض أو القيم التوجيهية. الهـــدف من ذلك هو التأكد بأن التعرض دون هذا الحد سوف لا يؤدي لآثار سلبية على أي فرد وينبغي منع التأثيرات التي تحدث في حالات التعرض العالي. لقد صمم عامل التقييم للسماح بالاختلاف في درجة الحساسية بين الأفراد ،وفي حالة المعلومات من الحيوانات فان التقييم يجب يستند على اختلاف أنواع الحيوانات. ويمكـــن زيـــادة المعامل إذا كانت التأثيرات الصحية خطيرة ، مثل السرطان أو التشوهات الخلقية. عوامل التقييم الدقيقة المستخدمة قد تكون أحيانا اعتباطية. وتجدر الإشارة إلـــى أن اشتقاق حدود التعرض أو القيم التوجيهية يستند على ملاحظة آلاثـــار الـــضارة أو التأثيرات البايولوجية الأخرى. التعرض المنخفض ذات التأثيرات غير الضارة لا تدخل في الحساب عند حساب عوامل التقييم .

إدارة المخاطر ليست عملية حسابية بسيطة ، لان المخاطر لا يمكن قياسها كميا ،وبنفس وحدات المنافع. فمثلا ، قد يكون من الضروري الموازنة بين المخاطر على الصحة و المكاسب الاقتصادية و هذه ليست مهمة مستحيلة. هذا الشيء نقوم به بشكل منتظم في حياتنا يوما بعد أخر. فعندما نشتري سيارة جديدة ينبغي أن نتخذ قرارا بوعي أو بغير وعي إذا كان علينا دفع مبالغ إضافية لمزايا السلامة الإضافية. وعندما نقرر توفير المال عن طريق عدم شراء معدات سلامة ، فعلينا القبول بأخطار الإصابة في الحوادث العرضية.

تنشأ تعقيدات آخري عند تقيم المخاطر ، بسبب أن معظم الناس الذين يستفيدون من التطورات الجديدة ليس بالضرورة أولئك الذين سوف يتعرضون لمخاطرها . فمثلا المحارق الجديدة للبلدية تكون ذات فائدة لمعظم الناس في المجتمع ، ولكنها قد تشكل خطرا متزايدا على حركة المرور على الطرق وتسبب حوادث لأولئك الذين يعيشون في مكان قريب منها . في هذا الظرف ، ينبغي الموازنة بين المخاطر والمزايا والإجابة على المسائل الأخلاقية والمعنوية في المجتمع الديمقراطي ، والتي يقررها ممثلي الشعب المنتخبين.

8 - 3 مبادئ الوقاية The Precautionary Principle

نحن نعيش في عصر تتقدم فيه،العلوم والتكنولوجيا بوتيرة متزايدة. وقد أدى ذلك إلى العديد من التحسينات في مجال الصحة ونوعية الحياة وزيادة متوسط العمر المتوقع في الوقت الراهن. وفي الوقت نفسه ، كثير من الناس لديهم القلق بشأن وتيرة التغيير واحتمال كبير للتأثيرات الضارة إذا لم تتم ألسيطرة المناسبة على التطورات الجديدة. العلم له قدره لفعل الخير ، بالمقابل له قدرة أكبر لإلحاق الضرر، بالتالي هناك دعوات لتبني مبادئ وقائية من التكنولوجيا الجديدة التي لا نعرف على وجه الدقة المخاطر المرتبطة بها.

يقترح بعض الناس أنه لا ينبغي أن نسمح لتبني التطورات الجديدة إلا إذا كانت آمنة تماما ، وهذا غير واقعي لان العلم لا يمكن أن يوفر ضمانة بان الخطر صفرا

ومع ذلك ينبغي أن تكون المخاطر التي تنجم عن التكنولوجيا صغيرة بالمقارنة مع غيرها من المخاطر الكثيرة التي نقبلها في حياتنا.

النهج الوقائي ليس كل شيء في الطبيعة ، ولكن قبل الموافقة على أي تطور جديد ينبغي أن تكون هناك أدلة إيجابية بأن المخاطر المرتبطة بها منخفضه ومقبولة ، إن عدم وجود أدلة مقنعة لا يعني بان المخاطر عالية على نحو غير مقبول. ومع ذلك ، فإن الأفراد يختلفون في قوة الادله التي يقتنعون بها قبل لكي يقتنعون بأن المخاطر صغيرة بما فيه الكفاية. تبني النهج الوقائي يتطلب تكاليف كبيرة، والتي قد تكون مباشرة ، مثل تحسين المنظومات الهندسية ، أو من التأخير في جني الفوائد التي سوف تجلبها التكنولوجيا الجديدة. وهناك تكاليف هامة غير مباشرة قد تنشأ إذا وجهت الموارد بعيدا عن ألتعامل مع المخاطر الجدية والتعامل مع المخاطر البسيطة للغاية. الهدف من النهج الوقائي هو إتباع سياسة مقبولة لدى معظم الناس ، والتي تقلل من فرصة ألنتائج السلبية من دون إيقاف التقدم.

سياسة تطبيق النهج الوقائي التي تطبق لإدارة المخاطر في حالات عدم الدقة العلمي قد أطلق عليها مبدأ الحيطة precautionary principle .

وقد تم تبني هذا المبدأ رسميا من قبل دول الاتحاد الأوروبي في معاهدة ماستريخت (1992) .

8 - 4 استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة

هناك أدلة قوية على أن استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة يزيد كثيرا من خطر وقوع الحوادث. لذلك ينبغي حظر استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة ، وهذا يتطلب قيام سلطات المرور بإعطاء هذه المسألة أهمية كافية وتنظيم حملات توعوية إلى الجمهور وخاصة السائقين بعدم استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة ، وعلى الأخص حمل الهاتف باليد. الآثار الضارة من استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة كبيرة بسبب قلة السيطرة على السيارة. تشير الادله الحالية إلى أن الآثار السلبية لاستخدام الهاتف أثناء القيادة متشابهة إلى حد

كبير عند حمل الهاتف باليد أو استخدام السماعة وينبغي إقناع السائقين بالعدول عن استخدام الهاتف باليد أو باستخدام السماعة.

الهواتف الجوالة يمكن أن يكون لها تأثير ضار على الصحة العامة ، ليس من خلال الآثار المباشرة فقط نتيجة التعرض للإشعاع الكهرومغناطيسي ، وإنما أيضا بشكل غير مباشر من خلال التداخل في قدرة مستخدم الهاتف على أداء مهمتين في أن واحد .

قد يبدو واضحا بأن استخدام الهاتف النقال أثناء القيادة سيكون ذات عواقب سلبية بالنسبة للسلامة على الطرق. لان علم النفس التجريبي أشار إلى أدلة كثيرة بان تنفيذ المهام العقلية (المعرفية) بشكل متزامن يكون غير دقيقا مقارنة بتنفيذ كل مهمة لوحدها. الآثار التي تنشأ من هذه "المهمة المزدوجة" متنوعة ، على رأسها تقسيم الاهتمام بين المهمتين ، والتداخل الذي يحدث عند التنافس لإتمام العمليات المعرفية.

في ضوء معطيات النتائج النفسية ، فأنة من المرجح أن التدخل الذي ينشأ عندما يحاول السائق تشغيل المركبة والاهتمام في الهاتف الجوال باليد ، والذي يؤدي إلى حصول التنافس المعرفي بين محادثة الهاتف الجوال مع تلك المطلوبة للقيادة. عند تقييم التأثير المحتمل للهواتف الجوالة على السلامة على الطرق ، فمن المهم فهم المقادير النسبية للتداخل بين هذين المصدرين ، وليس هناك جدوى من التأكيد على استصواب استخدام الهاتف الجوال باليد إذا كان الجزء الأكبر من المخاطر المرتبطة باستخدام الهاتف موجود أيضا .

الادله بشأن تأثير الهواتف الجوالة على قدرة القيادة يمكن استعراضها من ناحيتين :

الأولى ، الدراسات التجريبية التي تمت مناقشتها حول تقييم الآثار المترتبة على استخدام الهاتف على القيادة. مثل هذه الدراسات ناقشت آليات تداخل استخدام الهواتف مع قيادة السيارة ، والمقارنة بين الآثار المترتبة على استخدام أنواع

مختلفة من الهواتف. الدراسات التجريبية هذه توفر معلومات غير مباشـرة عـن الأثر الفعلي لاستخدام الهاتف حول السلامة على الطرق.

الثانية: مناقشة الدراسات الوبائية التي حاولت قياس المخاطر المتزايدة المرتبطة باستخدام الهاتف النقال أثناء القيادة.

الادله التجريبية على الآثار المترتبة على قيادة السيارة

تم إجراء عدد كبير من الدراسات حول تأثير استخدام الهاتف الجوال بما يخـص الجوانب المختلفة لأداء القيادة. بعض الدراسات استخدمت التجارب في المختبـر باستخدام محاكي قيادة السيارة لدراسة أداء مهام القيادة في ظـروف مختلفـة ، ولأخرى استخدمت سيارات حقيقية . بعض الدراسات حـددت تجاربهـا لتـأثير محادثات الهاتف الجوال في اليد فقط ، وهناك دراسات أخرى درسـت اسـتخدام الهاتف الجوال في اليد واستخدام السماعة أو المقارنة بين استخدام الهاتف الجوال في اليد بالتزامن مع إجراء عمليات أخرى أثناء القيادة و التي تتطلب بعض التحكم اليدوي لجهاز أخر ، مثل إدخال الأرقام على لوحة مفاتيح الهـاتف الجـوال ، أو توليف الراديو أو الاستماع إلى راديو السيارة.

نتائج هذه الدراسات التجريبية متماسكة ومتينة ويمكن معرفة نتائجها بسهولة والتي تتلخص بان المحادثة بالهاتف الجوال أثناء القيادة كان له تأثير ضـار علـى أداء القيادة من خلال قياس بعض المؤشرات مثل الزمن المستغرق للرد على الحـافز الحتمي أو حدوث تغيير في سرعة السيارة ، وعدم السرعة في الرد تنطوي علـى خطورة القيادة على الطرق كذلك فان المثير للاهتمام أن بعض الباحثين توصـلا إلى أن هذا التكيف يمكن أن يستمر 5 . 2 دقيقة بعد انتهاء المكالمة وهذا يؤدي إلى عدم التقيد بالمسافة آلامنة عن السيارات الأخرى ، وعدم القدرة على التحكم فـي السيارة في الحالات غير الروتينية. التأثير الضار لاستخدام الهاتف الجوال يزداد مع زيادة عبء العمل العقلي الذي فرضته المكالمة .

هناك أدلة تجريبية قوية على الآثار المترتبة على القيادة عند استخدام الهاتف الجوال وهي قله قدرة السائقين على الاستجابة لحالات الطرق . يحتمل أن تكون الخطورة أكبر مقارنة بالاستماع إلى الراديو . كذلك أوضحت التجارب بان تأثير المكالمات الهاتفية على القيادة يزداد في حالة السائقين المسنين ، ولا تتأثر بطريقة استخدام الهاتف (باليد أو استخدام السماعة). هناك أدلة قليلة على أن سرعة رد الفعل للظروف المتغيرة على الطرق تختلف وفقا لطريقة استخدام الهاتف. احد الدراسات وجدت أن وضع الهاتف باليد يرتبط بضعف عابر في السيطرة على ألسيارة. وتجدر الإشارة إلى أن أيا من الدراسات التي تم استعراضها لم تتوصل إلى مقارنة لآثار المترتبة على أداء القيادة من استخدام الهاتف والآثار الناجمة عن التحدث مع الركاب .يبقى أن التوصل إلى معرفة ما إذا كانت المحادثة الهاتفية التي تؤدي حمولة معرفية على السائق معادلة لتلك التي تفرضها مكالمة الهاتف الجوال وعلى نحو مماثل من آثار ضارة على الأداء. مع ذلك ، لأسباب وجيهة لنفترض أن وجود آثار في محادثة السيارة ستكون أقل من تلك المرتبطة باستخدام الهاتف.

الادله الوبائية على الآثار المترتبة على استخدام الهاتف الجوال إثناء القيادة

هناك عدد قليل من الدراسات المنهجية لآثار استخدام الهاتف الجوال على معدلات حوادث المرور واحد الدراسات وزعت استبيان على 100 من السائقين اللذين اختيروا عشوائيا واللذين تعرضوا لحوادث مرور موثقة خلال فترة 12 شهرا ، و100 سائق من نفس المنطقة الذين كانوا سجلهم خال من الحوادث لعشر سنوات على الأقل لغرض المطابقة. أربعة عشر من السائقين الذين وافقوا على المشاركة من مستخدمي الهواتف الجوالة. ولهم خبرة في القيادة لعدة سنوات . توصلت الدراسة إلى أن هناك احتمال كبير بين الحادث واستخدام الهاتف الجوال لأكثر من 50 دقيقة في الشهر. هذه النتائج مشكوك بها لأنها لم توضح فيما إذا كان الهاتف قد استخدام إثناء القيادة ، وكذلك فان عدد الحالات المتاحة للتحليل صغيرة جدا .

أجريت دراسة أخرى عام 1998 ولاية أوكلاهوما في الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق فحص سجلات الحوادث ، حيث تقوم شرطة المرور بتسجيل بشكل روتيني إذا كان الهاتف الجوال موجودا في السيارة التي تعرضت للحادث أم لا ، وكذلك ما إذا كان الهاتف قيد الاستخدام عندما وقع الحادث. في الدراسة تم تقيم معدل نسبة الحوادث عند استخدام الهاتف و خصائص الحادث. وجود واستخدام الهاتف مرتبطة إلى حد كبير بخطر الحوادث بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل ،غفلة السائق ، والقيادة في المدن ، وجنوح السيارة خارج الطريق أو انقلابها ، والإصابات والوفيات. معظم القتلى في الحادث من مستخدمي الهاتف كانوا من الشباب الذكور ، بالرغم من أن المخاطر ذات الصلة للهاتف تكون كبيرة للمسنين. لم تتخذ أية خطوات في التحليلات ، لإزالة آثار ألمتغيرات الخارجية التي يحتمل أن تكون قد أدت إلى زيادة الحوادث بين المستخدمين وغير المستخدمين للهاتف. الدراسة الأخرى تركزت حصرا على الحوادث المميتة واحتمال الوفاة نتيجة استخدام أو وجود الهاتف الجوال في السيارة. استخدمت في التحليل طريقة التراجع اللوجستي Logistic regression في محاولة لإزالة آثار الخلط بين المتغيرات مثل العمر ، تناول الكحول ، المخدرات ، وكذلك ، الحوادث الغامضة ، وخصائصها ، السرعة غير آلامنة ، وعدم انتباه السائق. وأشارت هذه التجارب إلى أن احتمال حدوث الوفاة في حادث ، يزداد بمعامل تسعة عند استخدام الهاتف وقد تضاعف الحوادث إذا كان الهاتف موجودة في السيارة فقط.

استنتجت الادله الوبائية بان الدراسات التجريبية وفر أدلة دامغة على أن استخدام ألهاتف الجوال يعوق أداء القيادة وتوجد علاقة بين استخدام الهاتف الجوال إثناء القيادة وزيادة مخاطر وقوع الحادث. معا ، هذين المصدرين من مصادر الادله تشير إلى أن المخاوف الحالية حول تأثير الهواتف الجوالة على السلامة على الطرق لها ما يبررها. كما لاحظت بالفعل ، ومع ذلك ،فان الادله الحالية التجريبية

تشير إلى أن هناك القليل من المبررات لافتراض أن الآثار الضارة لاستخدام الهاتف على القيادة يمكن أن يخفف من حدتها باستخدام السماعة . ولذا فليس هناك مبرر قوي في الوقت الحاضر من أجل سن تشريعات تفرق بين استخدام باليد أو استخدام السماعة عند قيادة السيارة.. لذلك يجب تقديم الحجة لجعل التشريع يركز بشأن اكتشاف المزيد من التجارب حول طريقتي الاستخدام للهاتف الجوال باليد أو بواسطة السماعة .

وينبغي إجراء المزيد من الدراسات الوبائية لتوضيح العلاقة بين حوادث المركبات عند استخدام الهاتف الجوال ، وخاصة ما إذا كان يختلف الخطر بين حمل الهاتف باليد و عند استخدام السماعة ، وعما إذا كان من خطر استعمال الهواتف عند حمله باليد يفوق عدد الأشكال الأخرى التي تشتت الانتباه مثل المحادثة مع الركاب.

8 - 5 تأثير المحطات القاعديه على البيوت أو المدارس

الاهتمام المشترك بين أفراد الجمهور حاليا يتركز حول خطر مواقع المحطات القاعديه الكبيرة للهواتف الجوالة وعلى قرب البيوت والمدارس. وضع المحطات القاعديه وأبراجها على البيوت والمدارس يمكن أن يستفيد منة مالك البيت أو المدرسة بشكل غير مباشر من خلال الدخل الذي يدره الإيجار. تشير الادله إلى أنه لا يوجد أي خطر على الصحة العامة للناس الذين يعيشون بالقرب من ألمحطات القاعديه حيث يتم التعرض لمقادير صغيرة من قيم حدود التعرض الموضحة في المبادئ التوجيهية. ومع ذلك ، فأن الأطفال سريعي التأثر لأية آثار ضارة من إشعاع الترددات الراديوية. هناك أدلة على أن الأطفال يمتصون طاقة ترددات الهاتف الجوال من المجال الكهرومغناطيسي لكل كيلوجرام من وزن الجسم اكبر بكثير من البالغين، فالطفل البالغ من العمر عام واحد يمتص ضعف ما يمتصه الشخص البالغ ، والطفل البالغ من العمر خمس سنوات يمتص حوالي 60 % ، أكثر من البالغ. بالإضافة إلى ذلك ، فان الأطفال يتعرضون لإشعاع الترددات الراديوية المنبعثة من المحطات القاعديه الكبيرة (و من الهواتف الجوالة) أكثر مما

يتعرض له الشباب والبالغين خلال فترة حياتهم ، لأن مدى العمر سيتيح وقتا أطول لتراكم ألتعرض على مدى حياتهم مما يتيح ظهور التأثيرات المتأخرة. وبناء على ذلك فقد حضرت بعض البلدان وضع المحطات القاعديه الكبيرة على المواقع الحساسة مثل المدارس. أن عملية الالتزام بهذه السياسات تتميز بأنها سهلة ، ولكنها لا تعطي دائما النتيجة المرجوة بسبب الطريقة التي يصل فيها الانبعاث إلى سطح الأرض ، فان المحطة القاعديه الكبيرة التي تقع بالقرب من ألمدرسة قد تسبب تعرضا اكبر للتلاميذ مما لو وضعت على مبنى المدرسة.

وهناك مقترح آخر بالنسبة للمحطات القاعديه الكبيرة التي توضع خارج أو داخل فناء المدرسة وهو أن لا ينبغي سقوط أي جزء من الإشعاع على أرض المدرسة . أن وضع المحطات القاعديه الكبيرة على المدارس أو المباني القريبة منها ينبغي أن يتم باتفاق بين المدرسة وأولياء الأمور وينبغي أن تقدم لهم معلومات كافية عن شدة الإشعاع عند الأرض وبعدة عن المدرسة.

أن كثافة أكبر الترددات الراديوية ينبغي أن لا تقع على أي جزء من أرض المدرسة أو المباني دون التوصل إلى اتفاق بين المدرسة وأولياء الأمور.

8 - 6 استخدام الأطفال للهواتف:

يعتبر الأطفال أكثر عرضة لخطر التعرض للترددات الراديوية بسبب أن الجهاز العصبي لهم في حالة تطور ، وكبر امتصاص الطاقة في أنسجة الرأس ، وطول زمن التعرض. وتمشيا مع النهج الوقائي ينبغي عدم تشجيع الأطفال للاستخدام غير الضروري للهواتف الجوالة. ويوصى كذلك بمنع صناع الهاتف الجوال من الترويج لاستخدام الهاتف الجوال من قبل الأطفال.

حذر الخبير البريطاني في مجال الإشعاعات السير ويليام ستيوارت ألآباء بعدم السماح لأطفالهم باستخدام هواتفهم الجوالة إلا عند الضرورة القصوى نظرا للمخاطر الصحية المترتبة على ذلك.

وتقول الدراسة على الرغم من عدم وجود دليل قاطع على خطورة الهاتف الجوال إلا أنه ينبغي اتخاذ إجراءات احتياطية عند التعامل معها ولا ينبغي أن يستخدم الأطفال دون سن الثامنة الهاتف الجوال على الإطلاق.وعلى ضوء هذه النتائج، فقد سحبت الهواتف المصممة لتلك الشريحة العمرية من الأسواق في المملكة المتحدة.

كذلك أوصت الهيئة الفنلندية للسلامة من الإشعاع والسلامة النووية بالحد من استخدام الأطفال للهواتف الجوالة ونصحت باستخدام الرسائل النصية بدلا من المكالمات الهاتفية للحد من عدد المكالمات التي تتم ومدة كل مكالمة و استعمال الأجهزة التي يتم ألتحدث فيها عن بعد.

كذلك أوضحت الهيئة بأنة لا توجد أبحاث كافية حول الإضرار الناتجة عن استخدام الأطفال للهاتف الجوال ولكن بفضل عدم أو تقليل زمن استخدام الهاتف لتفادي احتمال الآثار غير المنظورة عليهم .

ولم توصي الهيئة بمنع الأطفال من استخدام الهاتف الجوال وأشارت لدعم الهواتف الجوالة الأمن الاجتماعي لتسهيلها عملية التواصل بين الآباء والأبناء .تم التوصية بالمقترحات التالية للحد من أضرار الهاتف الجوال على الأطفال:

1 - لا ينبغي للأطفال في أعمار تقل عن 8 سنوات استخدام الجوال على الإطلاق.

2 -يجب إبقاء الجوال بعيدا عن الأطفال والنساء الحوامل، لاحتمال تعرضهم للآثار الضارة للموجات الكهرومغناطيسية .

3 -إرشاد الأطفال لمخاطر الجوال ، ونصحهم بان الهاتف لا يستخدم إلا في الحالات الضرورية جدا و تقليل زمن المكالمات.

4 -استخدام سماعات الأذن والتي تجعل الهاتف بعيدا عن الجسم، وبالتالي تقلل كمية الطاقة التي يتعرض لها الدماغ بنسبة عالية جدا.

8 – 7 استخدام الهاتف الجوال قريبا من المستشفيات

هناك خطر محتمل من الاستخدام العشوائي للهواتف الحرارية في المستشفيات وغيرها من المواقع حيث أن الترددات اللاسلكية يمكن أن تتداخل مع المعدات الكترونية الحساسة. وقد اتخذت بعض الدول خطوات بعدم استخدام الهواتف في المستشفيات وألزمت كل من مصنعي الهاتف الجوال وإدارة المستشفيات لتحذير الناس من مخاطر استخدام الهواتف في مثل هذه المواقع ووضع لوحات تحذيرية واضحة على مداخل المباني تشير إلى عدم تشغيل الهاتف الجوال في المستشفيات. وبنصح بضرورة التأكد من أن جميع المستشفيات تمتثل لهذه التوصيات.

8 – 8 الدروع الواقية للحد من إشعاع الترددات اللاسلكية

الدروع تستخدم لامتصاص إشعاع الترددات اللاسلكية التي يتعرض لها مستخدمو الهواتف ا الجوالة ، وقد تم إنتاج أنواع مختلفة من الأجهزة لهذا الغرض مثل الأجهزة السيراميكية التي توهن هذه الإشعاعات ولكن لا يوجد أساس مادي واضح لأساس عملها ، ولا توجد نتائج مقنعة لاختبارات ألتحقق من أنها تحد من التعرض. ولكن توجد أنواع أخرى من الدروع لها أساس مادي. يتكون هذا النوع من غطاء يوضع على الهاتف ويكون بشكل شبكة معدنية وحارس "guard" على ألهوائي هذه الشبكة سوف تحجب جزءا من الإشعاع المنبعث من الهاتف.

في معظم الاستخدامات العادية ، يبدو أن هذا الدرع لا يوهن تعرض ألمستخدم كثيرا لان توهين الإشعاع بواسطة الدرع يؤدي تلقائيا لتقليل قدرة الاستلام للهاتف (هذا يزيد أو يقلل من الانبعاث لإعطاء امثل إشارة في المحطة القاعديه). باستثناء ذلك يمكن أن يحدث عندما يعمل الهاتف النقال بقدرته أو قريبا من الحد الأقصى للقدرة ، فإذا كان مستخدم الهاتف بعيد جدا عن المحطة القاعديه أو داخل بناية ، فان الإشارة في المحطة القاعديه سوف تضعف من قبل الدرع و قد لا يكون الاتصالات ممكنا.

وقد أظهرت بعض من نتائج الاختبار بأن الإشعاع يقل كثيرا في اتجاه الرأس مقارنة في الاتجاه البعيد عن ذلك. إذا كان الأمر كذلك ، يمكن للمستخدمين اللذين يشاهدون المحطة القاعديه الحد من تعرضهم إلى حد ما عن طريق تحويل الجانب المناسب من رؤوسهم نحو المحطة القاعديه . أشارت الاختبارات إلى أن التغيرات الأخرى في اتجاه الرأس سوف يقلل التعرض بنسبة صغيرة جدا. وقد أثبتت التجارب العملية أن انخفاض التعرض التي تلقتها معظم المستخدمين يكون ضئيل للغاية عند استخدام درع من هذا النوع ، ويمكن أن يكون اتجاههم نحو المحطة القاعديه غير ذي جدوى إذا كان بعيدا عنها أو في المباني والسيارات ، و إذا أصبح استخدام الدروع على نطاق واسع فيمكن أن تكون هناك آثار سلبية على البيئة ، حيث أن أكثر المحطات القاعديه عليها ألحفاظ على نوعية الاتصال.

1 - استخدام السماعات

يمكن تخفيض التعرض للأشعة المنبعثة من الهاتف الجوال بزيادة المسافة بين الهاتف والجسم. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام مجموعة من المعدات مصممة بشكل مناسب لعدم مسك الهاتف باليد تسمى معدات اليد الحرة Hands-free kits .

ولكن لا يمكن الحصول على ميزة كبيرة من استخدام هذه المعدات لأنها تقوم بإبعاد الهاتف من الرأس إلى جزء أخر من الجسم ، و في هذه الحالة قد تتعرض أعضاء الجسم الأخرى للإشعاع وخاصة الإذن التي توضع السماعة فيها وكذلك فان أسلاك السماعة تشع الموجات ويتعرض الجسم القريب منها إلى الإشعاع . في أبريل من عام 2000 أجريت بعض الاختبارات على مجموعة من هذه المعدات ووجد بأنها يمكن أن تزيد من تعرض المستخدم ولكن هناك مجموعة أخرى من الدراسات وجدت بان هذه المعدات تقلل من تعرض ألمستخدم بشكل كبير. وفي كلتا الحالتين هناك عدم كفاية من المعلومات المنشورة لتشكيل رؤية واضحة. لذلك ينبغي تصميم مجموعة من معدات اليد الحرة التي من شأنها أن تقلل إلى حد كبير من التعرض للمستخدم إذا ما استخدمت بشكل صحيح.

عمل معدات اليد الحرة والدروع الواقية غير واضح وهي معدات متاحة للجمهور من قبل الشركات المصنعة. لذلك ينبغي أن تقوم هيئات بحثية مستقلة باختبار أجهزة التدريع ومعدات عدم مسك الهاتف ، والتي تمكن إعطاء معلومات واضحة حول فعالية هذه الأجهزة.

8 - 9 الإجراءات الوقائية

الهاتف الجوال ومعدات البث قد تكون مصممة لاستخدامها قريبة من الجسم. هذا يمكن أن يؤدي إلى تعرض جزء صغير من جسم مستخدم الجهاز وتنتج مجالات كهرومغناطيسية عالية غير موزعة مكانيا بانتظام. في مثل هذه الظروف فإنه من الناحية العملية ينبغي تحديد الامتثال من فرضيات معايير وشروط استخدام المعدات التي تولد المجال الكهربائي والمغناطيسي الناتج عن الترددات الراديوية بين 100 كيلو هرتز و 2500 ميجاهرتز.

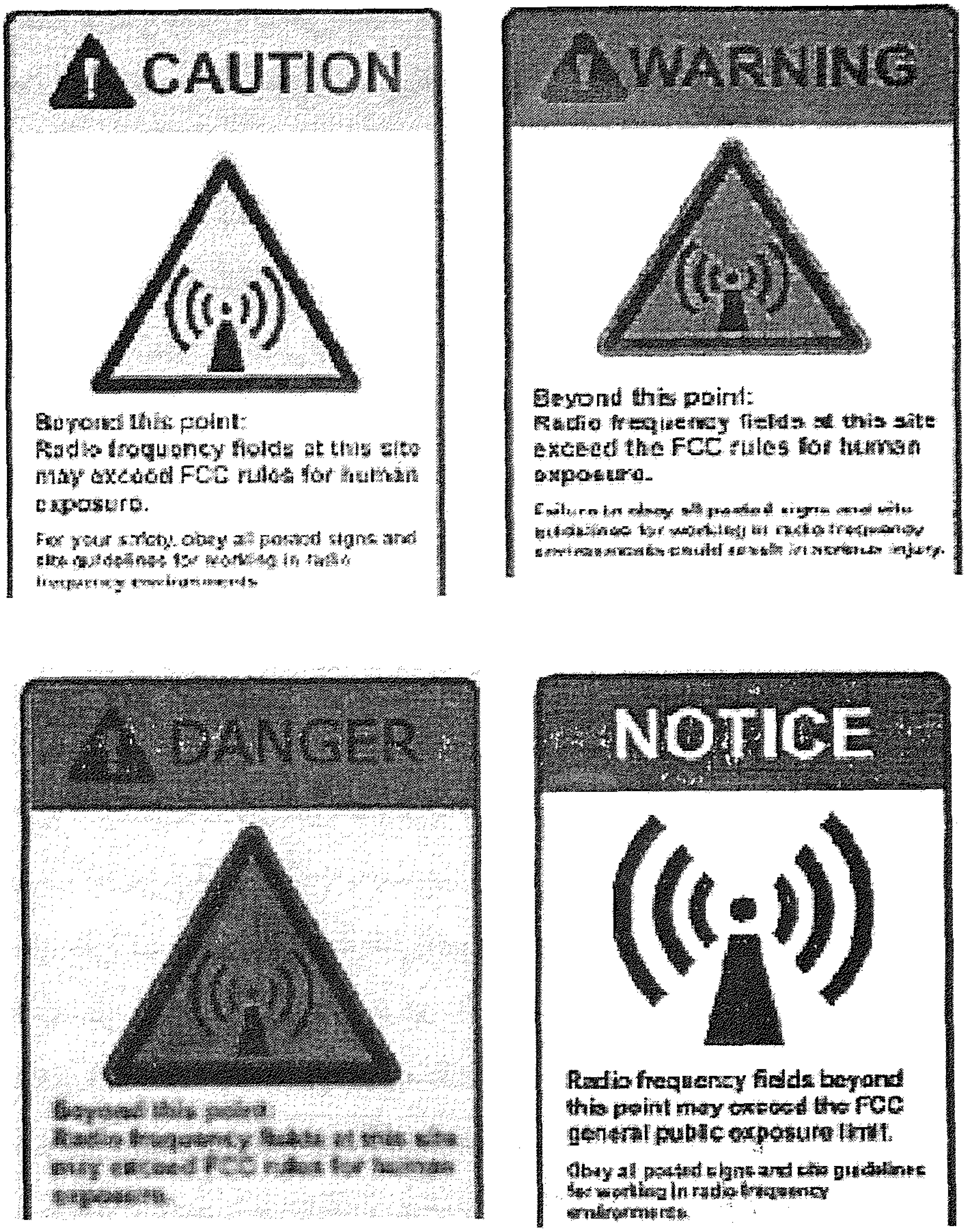
الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة ICNIRP قد لاحظت أن الصناعات تسبب التعرض للمجالات الكهربائية والمغناطيسية وهي المسؤولة عن ضمان الامتثال لجميع جوانب المبادئ الارشادية ، ينبغي اتخاذ تدابير لوقاية العمال والتي تشمل الإدارة الهندسة والرقابية ، برامج لوقاية الشخصية ، والإشراف الطبي تنفذ هذه التدابير عندما يكون التعرض في موقع العمل يتجاوز المحددات ألأساسية. الخطوات الواجب اتخاذها هي:

- وضع الضوابط الهندسية كلما أمكن ذلك للحد من انبعاث المجالات من الأجهزة إلى مستويات مقبولة. وتشمل هذه الضوابط، عند الضرورة تصاميم السلامة الجيدة ، واستخدام آليات العمليات المتداخلة أو ما شابه ذلك للحماية الصحة .
- الرقابة الإدارية ، وينبغي أن تستخدم جنبا إلى جنب مع الضوابط الهندسية مثل فرض القيود على الدخول ،استخدام التحذيرات المسموعة والمرئية. تدابير الحماية الشخصية ، مثل الملابس الواقية ، وإن كانت مفيدة في بعض الظروف ، ينبغي أن ينظر إليها كملاذ أخير لضمان سلامة العمال. ينبغي

إعطاء الأولوية لعمليات الرقابة الإدارية والهندسية وكلما كان ذلك ممكنـــا . وعلاوة على ذلك ، ينبغي استخدام القفازات العازلة لحماية الأفراد من الصعقة عالية التردد ، والحروق ، وفي كل الأحوال يجب عـــدم تجـــاوز المحـــددات لأساسية ، لأن العزل يحمـــي فقـــط ضـــد الآثـــار غيـــر المباشـــرة مـــن المجالات.ونفس التدابير يمكن تطبيقها على الجمهور فيما عدا الملابس الواقية وغيرها من الحماية الشخصية ، عندما يكون هناك احتمال بأن الجمهـــور قـــد تجاوز المستويات المرجعية للتعرض فمن الضروري وضع وتنفيذ القواعـــد التالية :

- تداخل المجالات مع المعدات الالكترونه والأجهزة الطبية (مثل منظم ضربات القلب pacemakers)
- تفجير العبوات الناسفة بفعل المجالات الكهربائية (صواعق) .
- والحرائق والانفجاريات الناجمة عن اشتعال المواد الملتهبة التـــي تـــسببها شـــرارات المجـــالات المـــستحثة والتيـــارات الملامـــسة ، أو مولـــدات الشرارة.محددات تعرض العاملين للموجات الكهرومغناطيسية أكبر مما هـــو لعامة الناس (الجمهور) بسبب أن العمال بالغين يتعرضون بصفة عامة فـــي ظل ظروف معروفة ، ويتم تدريبهم لاتخاذ الاحتياطات المناســـبة و يعرفـــون المخاطر المحتملة. لابد من توفير المعلومات الكافية و إلا شارات التحذيريـــة شكل (8 – 1) لضمان أن العمال الذين لم يحصلوا على تدريب كـــافي . إلا شارات التحذيرية على عدة أنواع حسب نوع الخطر وهي:

شكل (8 – 1) الإشارة التحذيرية للموجات الكهرومغناطيسية



1 – الملاحظة Notice احتمال التعرض يجب السيطرة علية لـضمان الامتثـال لمحددات تعرض الجمهور. ويجب أن نحافظ على ضوابط السيطرة ، مثل معـدل الزمن والتدريع المتوسط ، ليبقى التعرض أقل من محددات تعرض الجمهور .

2 – الحـذر caution وتعنـي المواقـع التـي يكـون التعـرض للمجـال الكهرومغناطيسي ضعيف جدا ليولد تعرض اكبر من محددات التعـرض المهنـي وتعني بأنة بعد هذه النقطة قد يكون التعرض للمجال الكهرومغناطيـسي يتجـاوز التعليمات لمحددات التعرض البشري .وهي منطقة حدود السيطرة تشير إلى الحاجة إلى تدابير وقائية . (مثال مقياس معدل الزمن)

3 – التحذير Warning احتمال التعرض مسيطرة عليـة لـضمان الامتثـال لمحددات التعرض المهني ولكن بعد هذه النقطة قد يكون التعرض للمجال خطرا . وان مقياس معدل الزمن غير كافي لمنع التعرض ويجب أن نحافظ على ضوابط ، مثل الوقت والتدريع في المتوسط ، ما زالت دون حدود المهنية

4 – الخطر Danger توضع هذه العلامة لتوضح بان الدخول ممنوع بعـد هـذة النقطة إلا بعد إطفاء القدرة الكهربائية للمحطة.

ظروف التعرض لا يمكن السيطرة عليها لضمان الامتثـال لمحـددات التعـرض المهني وتشمل المساحات التي تسبب حروق خطيرة إذا لامس الإنـسان مـصدر الترددات الراديوية إما غير العاملين فسيكونون بمثابة فرد من الجمهـور وتطبـق عليهم،القيم الارشادية لحدود التعرض.

لتقليل مخاطر الموجات الكهرومغناطيسية يمكن أن تتخذوا التدابير اللازمة لتجنب التعرض فوق الحدود المسموحة ذات الصلة. يحتوي النصف الأسفل من هذه إلا شارات التحذيرية العبارة التالية : (الإشعاع في هذه المنطقة قـد يتجـاوز حـدود المخاطر الخاصة والاحتياطات اللازم توفرها ومعرفة التعليمات قبل الدخول إلـى المنطقة).

التدريب

يجب تدريب العاملين مع معدات الترددات الراديوية لتــأمين ممارســات العمــل السليمة ، والإشراف على تدريبهم. ويجب آن يتم تدريبهم حول الضوابط المعمول بها في الترددات الراديوية وإدارة المخاطر المحتملــة. يجــب أن تكــون هنـــاك إجراءات مناسبة في مواقع العمل لضمان تطبيق نظم العمل الآمنة .

التقييم الطبي

يجب أن تكون هناك إجراءات لضمان أن الأشخاص المعرضين مهنيا بأكثر مــن المحددات الأساسية للجمهور والذين لديهم أجهزة طبية قد يكون عملهــا عرضـــة للتداخل مع الترددات الراديوية أو آن القطع المعدنية المزروعة في الجسم تكــون معرضة لخطر الترددات الراديوية. ومن المستحسن يخضع الأشخاص العاملين مع معدات الترددات الراديوية إلى تقييم طبي لقدرتهم على مثل هذه الأعمال تــضمن التقييم الطبي اضطرابات العين (باستثناء نظارة القراءة) وجود قطع طبية مزروعة في الجسم (مثل قطع معدنية) (عدا حشوت الأسنان) أو أجهزة (مثل منظم ضربات القلب) ويضمن التقييم اضطرابات الجهاز العصبي و اضطرابات الإنجاب.

المرأة الحامل.

من أجل الحد من مخاطر التعرض العارض لقيم أكثر من حدود التعرض المهنـــي للمرأة الحامل التي لا ينبغي أن تتعرض لمجالات الترددات الراديوية فوق حدود مستويات التعرض لعامة الناس. المعرضين مهنيا من الحوامل يجــب أن يعلمــوا أصحاب العمل حول حملهم . بعد ذلك يجب ألا تتعــرض لمجــالات التــرددات الراديوية التي تتجاوز حدود التعرض للجمهور.

تعرض المرأة الحامل هي حالة خاصة. فعند مستوى حدود التعرض المهني فليست هناك أدلة علمية على أن الجنين في خطر من التعرض لمجال الترددات الراديوية أكثر من تعرض للأم ، ولكن هناك دليل على أن التعرض لمجال شدته تزيد عن حدود التعرض المهني قد يسبب ضررا على الجنين. لأن المرأة الحامل لها النظام

الفسيولوجي لتنظيم الحرارة يكون تحت الاجهاد بفعل الحمل ، لذلك افترض بان حدود التعرض المهني قد لا يوفر ما يكفي من عامل الأمان. استخدام محددات تعرض الجمهور للمرأة الحامل سوف يؤدي إلى توفير هامش أمان إضافي وذلك للحد من أي خطر من التعرض العارض للجنين إلى مجال ذات شدة عالية .

عملية إدارة المخاطر الناتجة عن الإشعاعات غير المؤينه يجب أن تشمل ما يلي :

(أ) **تحديد المخاطر**. وينبغي أن تشمل هذه المرحلة تحديد المصادر الرئيسيه للترددات الراديوية ، وكذلك المصادر التي تعمل على إعادة بث الإشعاع ، حيث التيارات المستحثة في الموصل تعتبر مصادر محتملة للصعقة والحروق .

(ب) **تقييم المخاطر**. وتشمل هذه الخطوة تقييم مستوى التعرض، بالمقارنة مع الحدود ذات الصلة والنظر في احتمال وخطورة ما يترتب على هذا الخطر .

(ت) **اختيار أفضل التدابير الرقابية** لمنع أو الحد من مستوى المخاطر. السيطرة على المخاطر يجب أن لا تسبب في مخاطر أخرى .

(ث) **تنفيذ واختيار تدابير الرقابة**. وهذه الخطوة لابد أن تشمل متطلبات الصيانة المستمرة لضمان فعالية المراقبة ، والتدريب على تدابير الرقابة بالنسبة للعمال المحتمل تعرضهم لمخاطر الترددات الراديوية .

(ج) **رصد واستعراض** فعالية التدابير الرقابة. عملية رصد واستعراض وتقييم ما إذا كانت التدابير المختارة قد تم تنفيذ ضوابط كما هو مخطط لها ، وان اتخاذ تدابير فعالة وتدابير الرقابة لا تسبب أخطار جديدة أو تفاقم المخاطر القائمة.

المراقبة وتحديد الأولويات

عندما يكون هناك احتمال للتعرض أكثر من الحدود ، ينبغي أن يدار الخطر من خلال تطبيق أولويات مراقبة جيدة كما هو مبين أدناه. أولويات التدابير العليا في السيطرة عادة ما تكون أكثر فعالية من الدنيا ، وينبغي أن تحظى بمزيد من الاهتمام . وحسب الأولويات ،فان أولويات التحكم هي :

(أ) إزالة الخطر. إذا لم تكن هذه الأولوية عملية ، فان التعرض للخطر ينبغي منعة أو تقليله بمجموعة من التدابير الرقابية التالية .

(ب) الاستعاضة بعملية أقل الخطرة (وأكثر قابلية للإدارة)

(ت) السيطرة الهندسية وتتضمن إعادة تصميم المعدات أو إدارة العمليـــات و / أو عزل الخطر. ومن الأمثلة على ذلك : وضع التدريع ، الأقفال الآ منة ، وتاريض الأجسام المعدنية الكبيرة ، استخدام عدادات كـــشف التـــسرب و أجهـــزة القطـــع والتوقف.

(ث) استخدام ضوابط إدارية مثل العلامات التي تمنع الدخول أو تحديـــد حـــدود التعرض ، ومنظومات عمل أمنة أو تقليل القدرة. الضوابط الا داريـــة يمكـــن أن تستخدم بالتوازي مع مستوى عالي من السيطرة .

(ج) استخدام معدات الحماية الشخصية المناسبة بتوفير جميـــع معـــدات الوقايـــة المناسبة والتدريب ولإشراف على استخدامها لضمان أن يكون واضـــحا للعـــاملين استخدامها الصحيح . وبالإضافة إلى ذلك ، يجب الحفاظ علـــى معـــدات الوقايـــة الشخصية واستبدالها وفقا للتوصيات المحددة من قبل المصنع لضمان أن تبقى في حالة جيدة بحيث إنها تبقى كأداة فعالة للسيطرة.من أهم معدات الحماية الشخصية:

1-القفازات الجلدية: القفازات توفر حماية جيدة من الصعقات الناتجة عن تيـــار التلامس أو الهياكل التي تعكس الإشعاع ، ولكنها ليست كافية للوقاية من الاتصال بموصلات الترددات الراديوية العالية.

2- البدلات الوقائية: البدلة الوقائية الشخصية (PPS) الشكل (8 -2) تـــستخدم لعزل الشخص من التعرض للمجالات العالية .

الشكل (8 -2) ألبدله الوقائية الشخصية (PPS)



هذه الملابس متكونة من أنسجة موصلة والتي يمكن أن تكون بشكل قفص فراداي وهي كدرع واقي مؤثرا إذا كان البدلة تغلق جسم المستخدم تماما. فعالية التــدريع تعتمد على التردد ، وهي توفر حماية قليلة عند التردد أقل من 10 ميجــاهرتز. هذه البدلات تستخدم للدخول إلى المناطق التي تكون فيها قيم المجالات اكبر مــن الادله االارشادية.ولكن يجب أن توفر البدلة وقاية فعالة من عند قــيم المحــددات الأساسية .

ولكن مساوئ هذه البدلات هو الحرارة التي يتعرض لها المستخدم. وعلاوة علــى ذلك الرؤية المحدودة الناتجة والمخاطر من عدم الرؤية الجيدة عند وضع غطــاء الوجه وخاصة عند تسلق الأبراج العالية.

الاجراءات المتخذة بعد التعرض

ينبغي وضع خطة طبية مسبقة في حالة التعرض الزائـد للتـرددات الراديويـة. وفيما يلي خطة العمل المقترحة ، في حالة التعرض الزائد للتـرددات الراديويـة (المثبت أو المشتبه) :

(أ)الإسعافات الأولية للعلاج وينبغي الحصول عليها من أقرب ، طبيب أو مستشفى لمعالجة ألحروق أو إلاصابات ألأخرى.

(ب) ينبغي على أصحاب العمل اتخاذ الترتيبـات اللازمـة لعـرض المـوظفين المعرضين أو يشتبه في تعرضهم المفرط لمجالات الترددات الراديوية لتقيم طبي في أقرب وقت ممكن بعد التعرض المفرط ، بالاشتراك مع طبيب أخـصائي فـي آثار التعرض لمجالات الترددات الراديوية .

(ت) في حالة التقييم الطبي للعين ينبغي أن يقوم بذلك طبيب أخصائي في العيون.

(ث) يجب على صاحب العمل توفر سجلات لتسجيل حالات التعـرض المفـرط، ونتائج العلاج الطبي ، والفحوص الطبية ، أو تقييم ومتابعة التعرض المفرط.

(ج) يجب التأكد من أن العاملين في الإشعاعات غير المؤينة على علم ودراية بفهم طبيعة حوادث التعرض المفرط والأسباب الرئيسية لإدارة مرحلة ما بعد الحادث.

(ح) يجب التحقيق في حوادث التعرض المفرط لتحديد مستوى ومدى التعـرض ، وأي من أجزاء الجسم قد تعرض إلى مجال الترددات الراديوية . هذه المعلومـات ينبغي تسجيلها كما محددة في الفقرة (ث) أعلاه. من الضروري تبنـي إجـراءات تصحيحية مناسبة أو تغييرات في إجراءات العمل في أقرب وقت ممكن عمليا بعد التعرض المفرط لغرض منع التعرض المفرط في المستقبل على أي من العـاملين والاستفادة من ذلك في حالات عمل مماثلة .

وقاية الجمهور

تدابير الوقاية أفراد الجمهور اللذين قد يتعرضون لمجالات التـرددات الراديويــة بسبب قربهم من الهوائيات أو غيرها من مصادر الترددات الراديويــة يجــب أن تتضمن ما يلي :

(أ) تحديد حدود المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعــرض للمجــالات االكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور.

(ب) فرض قيود على دخول الجمهور إلى المناطق التي تتجاوز فيهــا مــستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور .

(ت) توفير إشارات تحذيرية مناسبة أو ملاحظات حــول التعــرض للمجــالات االكهرومغناطيسية .

(ث) إخطار السلطة الرقابية المختصة ، في حالة التعرض الذي يتجاوز الحــدود ذات الصلة.

(ج) التقليل إلى أدنى حد من التعرض لمجال الترددات الراديوية التي لا داعي لها ، أو التعرض العارض الناتج عن متطلبات العمل ، و يمكن أن يتحقق ذلك بسهولة معقولة . التدابير الوقائية الجيدة ينبغي أن تتبع الممارسة الهندسية ومدونات قواعد الممارسات ذات الصلة. إدراج عوامل أمان إضافية غير عملية للوصول إلى معيار تعرض لا يوصى بة

8 – 10 الاحتياطات التي تقلل من التعرض لترددات الهاتف الجوال:

أهم الاحتياطات التي تقلل من إلاضرار الصحية في حال استخدام الهاتف الجوال:

1- لا يفضل حمل الجهاز ملاصقاً للجسم ولاسيما بالقرب من القلب، لأنة حساس لموجات الجوال، و يفضل حمل الجهاز في حقيبة يد بعيداً عن الجسم (بما لا يقل عن 50 سم).

2- أوصت منظمة الصحة العالمية بتقليل مدة المكالمة إلى أقصر وقت ممكن حيث أن هذا الجهاز لا ينبغي استعماله في المكالمات الطويلة، ولا ينبغي أن تزيــد

المكالمة عن دقيقه واحدة على الأكثر. يفضل غلق الجهاز عند عدم الاستعمال (مثلا عند النوم) إلا في حالة الضرورة فيجب أبعاده عن الجسم بمقدار 1متر .و تقليل المسافة بين هوائي الجهاز والأذن إلى 2 سم أثناء الاستعمال فهـذا يقلل من شدة التعرض للموجات الكهرومغناطيسية بمقدار السدس. الحـرص على استبدال الأذن المستخدمة للاستماع للهاتف الجوال بين الحين والآخر

3- أشارت تقارير منظمة الصحة العالمية بحظر الاسـتعمال المفتـوح للهـاتف الجوال على الأطفال ممن هم دون سن البلوغ (تحت سن الثانيـة عـشرة) نظراً لأن الأطفال أكثر استعداداً للمخاطر الصحية للموجات الكهرومغناطيسية في مراحل النمو المختلفة، كما ينطبق ذلك على كبار السن لأن أنظمة المناعة في أجسامهم اقل قوة من البالغين وهذه الإشعاعات لها تأثير على اسـتقرار خلايا الجسم وتأثيرها على الجهاز العصبي وتسبب الصداع واضـطرابات النوم وفقدان الذاكرة.

4- يحظر على السيدات الحوامل المكالمات المتكررة والطويلة أو وضع الجهـاز بالقرب من الرحم نظراً لتأثير الموجات الكهرومغناطيسية على خلايا الأجنة في مراحل الانقسام والتطور المختلفة ولاسيما في الثلاثة أشهر الأولى مـن الحمل.

5- يفضل غلق الهاتف الجوال داخل المستشفى لأن الموجات الصادرة عنـه قـد تؤثر على الأجهزة الطبية مثل أجهزة السمع، وأجهزة تنظيم ضربات القلب.

6- يفضل عدم وضع الهاتف الجوال في منطقة الحزام الأمر الذي قد يؤثر سـلبا على الأعضاء الداخلية مثل الكليتين والأعضاء التناسلية بـسبب الموجـات المنبعثة منها.

7- لا يفضل تقريب الهاتف من ألإذن أثناء الرنين لتاثيرة على السمع، وإنما يقرب من ألإذن أثناء المكالمات فقط.

8- يمنع اقتراب الجمهور لمسافة تقل عن 6 أمتار من الهوائي فوق ألأسـطح و يمنع اقتراب العمال لمسافة أقل من ثلاثة أمتار وارتداء العاملين سترات واقية من الإشعاع ، مع وضع حواجز وعلامات فوق الأسطح لمنع وصول السكان إلى المنطقة الممنوعة حول المحطة.

9- يفضل غلق الهاتف الجوال في الطائرة لأن بعض أجهـزة الطـائرة وذلـك للتداخل ترددات الهاتف مع ترددات أجهزة الطائرات والملاحة الجوية مما قد يسبب أخطاراً على المسافرين. الأجهزة الالكترونه الدقيقـة مثـل الأجهـزة الطبية

10- لا تستخدم الهاتف أثناء جلوسك بالسيارة، ولا أثناء القيادة لان هيكل السيارة المعدني يركز الموجات الكهرومغناطيسية على الجسم والرأس بشكل أكبر. وكذلك لكي لا يعوق استخدامك لأحد اليدين بقيادة السيارة . وعند الـضرورة تستخدم السماعة أثناء القيادة بالرغم من أن بعض البحوث أشـارت إلـى أن بعض سماعات الأذن تزيد من كمية الإشعاعات التي تنتقل إلى الإنسان بمعدل ثلاثة أمثال بدلاً من أن توفر الحماية من المخاطر الصحية المحتملة. وقد أدى استخدام الهاتف أثناء القيادة تزايد حوادث المرور نتيجـة انـشغال الـسائق وردود الأفعال إثناء المكالمة. أكد الخبراء أن اسـتعمال الـسائقين للهـاتف الجوال أثناء القيادة حتى ولـو اسـتخدموا سـماعات الأذن ـقد يـضاعف احتمالات وقوع حوادث بنسبة 400 %، لذلك يفضل غلق الهاتف أثناء تزود السيارة بالوقود.

11- أشارت بعض البحوث إلى إمكانية استخدام واقي للهاتف الجوال وهو عبارة عن قطعة من سبيكة معدنية خاصة ذات قدرة علـى الامتـصاص الطاقـة الكهرومغناطيسية الصادرة من الهاتف ، يتم تركيب هذه السبيكة على جـسم الهاتف الجوال بحيث تلتصق بأحكـام بيد المستخدم عن الاستخدام. و تنتقـل الطاقة الكهرومغناطيسية من السبيكة لليد لتتوزع علـى الجـسم و يتجنـب

تأثيرها المباشر على الرأس ، و بالتالي يقل الضرر الناتج من الجوال على دماغ الإنسان.

12- أشارت بعض البحوث للجامعات الأمريكية والكندية والدنماركية بان بعض الموجات الكهرومغناطيسية لتي تحدث بشكل طبيعي والتي تشبه موجات الضوضاء الكهرومغناطيسية **(electromagnetic noise)** يمكن أن تتراكب مع الموجات االكهرومغناطيسية المنبعثة من الهاتف التي يحتمل أن تكون خطرة ونتيجة للتراكب تتولد موجة جديدة ليس لها اثأر بيولوجية. أن موجات الضوضاء لا تتداخل مع التردد المنبعثة من الهاتف لان ترددها مختلف.

13- يفضل شحن الهاتف في غرفة أخرى لان الشحن ينجم عنه مستوى عالي من الإشعاع.

14- تقليل مدة المكالمة إلى أقصر وقت ممكن حيث أن هذا الجهاز لا ينبغي استعماله في للمكالمات الطويلة، ولا يفضل أن لا تزيد المكالمة عن دقيقه واحدة ، وين يغلق الجهاز عند النوم.

15-لا يفضل لبس النظارات عند التحدث بالهاتف الجوال لأن إلاطار الخارجي المعدني النظارة يعمل كمنظومة هوائية مع هوائي الهاتف النقال ويصدر من هذا الإطار مجالات مغناطيسية لها تأثير مباشر على شبكية العين، ويزيد من معدل امتصاصها لتلك الموجات الكهرومغناطيسية ، مما يؤثر سلباً على النظر

8 - 11 مارسات سلامة العمل في موقع المحطة الارضيه أو الهوائي:

جميع المناطق عند موقع المحطة الارضيه أو في موقع الهوائي يجب أن لا تعرض العاملين والجمهور من مجال الترددات الراديوية. عندما يكون ألوصول قريبا إلى تلك المناطق ضروريا فيجب العمل ضمن متطلبات السلامة وهي :

1 – معرفة أو تعيين حدود الامتثال:

قبل الوصول أو الاقتراب من موقع هوائيات المحطة الارضيه يجب على العامل معرفة معلومات السلامة لجميع منشآت الإرسال في الموقع ، مثل حدود الامتثال و مواقع الهوائيات. ولدى وصولهم إلى موقع هوائيات المحطة الارضيه ، يجب تحديد جميع الهوائيات.

إذا كانت معلومات السلامة غير معروفة عن كل هوائي أو لجميع مكونات المحطة فان المعلومات الناقصة ينبغي أن تطلب من الشركة المسؤولة عن موقع هوائيات المحطة الارضيه أو موقع الإدارة.

ولكن في بعض البلدان فان المسافات الآمنة عن الهوائيات تكون مكتوبة بشكل واضح على الهوائي أو عند سور المحطة الارضيه. وعندما يتحقق العامل من أن المعلومات لحدود الامتثال كاملة ، يمكنه الدخول إلى موقع هوائيات المحطة الارضيه.ومن دون معرفة المعلومات الكاملة عن حدود الامتثال ، لا بد للعامل من مغادرة المكان أو استخدام الأجهزة الحرارية لرصد مجال الموجات الراديوية التي يغطي المجال الترددي للموقع لتحديد مجال العمل آلامن.

2 – الرصد الميداني

يجب قراءة وفهم تعليمات الشركة المصنعة لتشغيل أجهزة الرصد قبل استخدامها عند زيارة الموقع. وهذا ينطبق على العاملين اللذين يضعون الكاشف الشخصي على أجسامهم لاحتمال أن تكون القراءات غير دقيقة بسبب حجب أجسامهم للاستلام الترددات وقياسها .عندما يسمع الإنذار من أجهزة الرصد ، فان ذلك يشير إلى تجاوز قيمة المحددات الموضوعة للتعرض فعلى العامل الابتعاد عن الهوائي وتجنب الدخول إلى أي منطقة يكون فيها التعرض للمجال قد تجاوز المحددات . تجدر الإشارة إلى أن مستويات الترددات الراديوية من هوائيات المحطة تختلف في وقت لأخر لعدة أسباب ، منها عدد المكالمات التي تستلمها

المحطة.أما مستويات التردد الراديوي من الهوائيات أو الخدمات الأخرى قد لا يختلف أو قد تختلف بأنماط مختلفة.

وبالتالي ، فإن المجال لا بد من أن يرصد بشكل مستمر ، إلا إذا كانت المستويات المقاسة أقل بكثير من حدود التعرض في موقع العمل.

3 -إجراءات الإغلاق

إذا كان من الضروري العمل في منطقة حدود الامتثال ، يجب على العامل استخدام الاحتياطات المناسبة ، والتي قد تشمل غلق مولد الترددات الراديوية عن جزء أو كل الهوائيات . وإذا لم تستطيع أي من الممارسات أعلاه أن تضمن الحد من التعرض فيجب أن تتخذ إجراءات إغلاق القدرة الكهربائية . في بعض الحالات ، قد يحتاج مشغل الشبكة إلى إخطار مسبق قبل أن يقوم العامل بإغلاق المحطة الارضيه أو الهوائي. كل هذا ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار عند التخطيط ووضع الجدول الزمني للعمل. للتأكد من إغلاق القدرة الكهربائية بالكامل وان الهوائي لا يشع مجالات التردد الراديوي يجب استخدام الرصد الميداني.

4 -- سلامة الكابلات ودليل الموجات Cabling and waveguides

تلف الكابلات وتوصيلاتها يمكن أن تكون مصادر تعرض كبيرة للترددات الراديوية. الكابلات التالفة والتوصيلات غير الصحيحة يمكن أن تؤدي لتسرب طاقة الترددات الراديوية ، مما قد يؤدي إلى زيادة مستويات التعرض في المناطق المجاورة لها. لا يجوز فصل أو قطع الكابلات أو التوصيلات أثناء عملية الإرسال اللاسلكية أبدا لأن ذلك قد يؤدي إلى تعرض العامل للصعقة الكهربائية والحرق عند ملامسة أي موصل .بالإضافة إلى كابلات التردد الراديوي فان بعض المحطات قد تستخدم منظومات التوزيع بالألياف البصرية، فيجب على العمال إتباع قواعد محددة لمعالجة الانبعاث الضوئية.

بعض أجهزة بث الترددات الراديوية يمكن أن تستخدم دليل الموجات. وينبغي أن يتجنب العاملين وضع عيونهم بالقرب من دليل الموجات التالفة.

5 – الاشتباه في التعرض المفرط:

في حالة الاشتباه في التعرض المفرط للعاملين ينبغي أن يحال ذلك إلى الإدارة لتحديد الاجراءات اللازمة وإعادة النظر بممارسات العمل. الغالبية العظمى من حالات التعرض المفرط قد لا يؤدي إلى ظهور أي أعراض على الإطلاق بسبب كبر هامش معايير الامان. من الضروري طمأنة العاملين. وعند ظهور الأعراض فان العلاج يكون مماثلا للإصابات الناجمة عن أي سبب آخر.

8 – 12 تعليمات مقترحة للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة

لغرض وقاية مستخدمي الهاتف الجوال وشبكاتة ينبغي وضع تعليمات خاصة بالوقاية من الإشعاعات غير المؤينة وندرج التعليمات المقترحةالتالية :

المادة 1

أحكام عامة

الهدف والنطاق

1 – الهدف من ألائحة وضع الشروط الدنيا لوقاية العاملين والسكان والبيئة من المخاطر التي تهدد صحتهم وسلامتهم نتيجة لا احتمال تعرضهم للمجالات الكهرومغناطيسية (من 0 هرتز– 300 جيجا هرتز).

2. معرفة الآثار الضارة على المتعرضين على المدى القصير و الناجمة عن مرور التيارات المحتثة ، الطاقة الممتصة، والتيارات الملامسة للجسم.

المادة - 2

التعاريف

لأغراض هذه ألائحة ،يجب تطبق التعاريف التالية:

'المجالات الكهرومغناطيسية' EMF: تشمل المجالات الكهربائية والمغناطيسية المتغيرة مع الزمن والمجالات المغناطيسية الساكنة ، والمغناطيسية والمجالات الكهرومغناطيسية ذات الترددات بتردد يصل إلى 300 جيجا هرتز ؛

الإشعاع غير المؤين: ويشمل كل إشعاعات ومجالات الطيف الكهرومغناطيسي التي لا تملك الطاقة الكافية لتأين ذرات المادة. ويتميز بتردد يقل عن 3×10^{15} هرتز.

التردد : هو عدد الذبذبات في الثانية التي تحدثها الموجة الكهرومغناطيسية الواحدة ويقاس بالهرتز.

كثافة القدرة (S): هي القدرة الإشعاعية الساقطة على وحدة المساحات العمودية على اتجاه الإشعاع، وتعتبر مقياسا لمستوى الإشعاع في حال التعرض له. وتقاس بالواط /م^2.

الهوائي: هو جهاز يقوم بتحويل الإشارات الكهربية إلى موجات كهرومغناطيسية والعكس ويأخذ أشكالا متعددة وله متغيرات خاصة به مثل الكسب ونوعية الاستقطاب.

المحطة الثابتة: هي مجموعة من أجهزة الإرسال والاستقبال والهوائيات تقوم بتغطية منطقة جغرافية معينة ضمن نطاق ترددي محدد للموجات الكهرومغناطيسية وذلك بغرض الاتصالات أو البث الإذاعي أو البث التلفزيوني.

التعرض: يقصد به تعرض الإنسان في أي مكان أو زمان للمجال الكهرومغناطيسي .

التعرض غير الخاضع للتحكم (الجمهور) Uncontrolled Exposure: هو تعرض الجمهور للمجالات الكهربية والمغناطيسية باستثناء التعرض المهني والطبي.

التعرض الخاضع للتحكم (المهني) Controlled Exposure: هو تعرض العاملين الكلي للحقول الكهربية والمغناطيسية والكهرومغناطيسية أثناء أدائهم للعمل في مجال الإشعاع.

معدل الامتصاص النوعي (SAR) : هي معدل الطاقة الإشعاعية الممتصة بواسطة أنسجة الجسم بالنسبة للزمن وتقاس بالواط لكل كيلوجرام وهي تتناسب

طرديا مع مربع شدة المجال الكهربائي في حالة الترددات الأعلى من 100 كيلـو هرتز وتعتبر الكمية المرجعية التي تبنى عليها إجراءات الوقاية مـن الإشـعاع لإمكانية حدوث تأثيرات بيولوجية.

الامتصاص النـوعي (SA): قيمة الطاقة الممتصة في وحدة الكتل للنسيج الحـي معبرا عنها بالجول لكل كيلوجرام ويمثل الامتصاص النوعي التكامل الزمني لقيمة معدل الامتصاص النوعي.

شدة المجال الكهربائي: هو مقدار القوة الكهربائية (F) التي تؤثر علـى شـحنة كهربية موجبة اختباريه (q) عند نقطة ما مقـسومة علـى قيمـة تلـك الـشحنة (E=F/Q) وتقاس بالفولط لكل متر (V/m).

شدة المجال المغناطيسي: مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B) مقـسوما علـى معامل نفاذية الوسط وتقاس بالأمبير لكل متر (A/m).

كثافة المجال المغناطيـسي: هو مقدار متجه للمجال الذي يمثل مقدار القوة التـي تؤثر على شحنة أو عدة شحنات متحركة وتقاس بالتسلا.

كثافة التيار: هو تدفق التيار خلال سطح ما وبالنسبة للموصل الخطي فان كثافـة التيار هي ناتج قسمة شدة التيار المار على مساحة مقطع الموصل.

التيار المستحدث: هو التيار الكهربائي المتولد، بخاصية الحث الكهرومغناطيسي، داخل جسم الإنسان عند تعرضه للمجالات الكهرومغناطيسية.

تيار التماس: هو التيار الذي يسري في جسم الإنسان عند تلامسه مع أي جـسم آخر له جهد كهربي مختلف حيث أن الأجـسام الموصـلة المـشحونة بـالحقول الكهرومغناطيسية تسبب مرور تيارات كهربية في جسم الإنسان الـذي يـتلامس معها.

المحددات الأساسية Basic للتعرض: هي المحددات الخاصة بالتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، وتشمل الكميات الفيزيائية المستخدمة في تلك لمحددات وهـي كثافة التيار (J) ،معدل الامتصاص النوعي (SAR) ، وكثافة القدرة (S) وينبغـي

عدم تجاوز هذه المحددات حيث ان الامتثال لهذه الحدود تكفل للمعرضين الحماية من جميع التأثيرات الصحية الضارة

المستويات المرجعية Reference Levels: هي مستويات مرجعيـة، خاصـة بالتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، تتم مقارنتها بالقيم المقاسة حيث أن الامتثال لهذه المستويات يضمن الالتزام المحددات الأساسـية. وتتـضمن شـدة المجـال الكهربائي، شدة المجال المغناطيسي ، وكثافة الفيض المغناطيسي ،و كثافة القدرة ، والتي يكفي قياس واحد أو أكثر من هذه القيم

المادة 3

الترخيص

لا يجوز بغير ترخيص صادر من الهيئة الرقابية تركيب أجهزة ومحطات الإرسال والاستقبال الخارجية للهواتف المحمولة. ويجوز للهيئة الرقابية إلغاء الترخيص إذا خالف المرخص له شروط الترخيص.

المادة 4

التفتيش

يجب على شركات الاتصالات أن تسمح لممثلي وزارة البيئة المكلفـين بـالتفتيش على أجهزة ومحطات الإرسال والاستقبال الخارجية للهواتف المحمولـة لغـرض التأكد من امتثال الشركة لإحكام هذه ألائحة وتنفيذ متطلبات الوقاية والأمـان مـن الإشعاعات غير المؤينة .

المادة - 5

تقويم التعرض

يتعهد المرخص له باتخاذ الترتيبات الأزمة لتقويم التعرض للعاملين والجمهور من خلال رصد مواقع أجهزة ومحطات الإرسـال والاسـتقبال الخارجيـة للهواتـف المحمولة

أ. تهدف المحددات الأساسية الخاصة بالتعرض الإشعاعي الغير مؤين، تبعا للمدى الترددي، إلى ما يلي:

1. منع حدوث تأثيرات على وظائف الجهاز العصبي من جراء كثافة التيار في المدى الترددي من 1 هرتز إلى 10 ميجاهرتز.

2. منع حدوث كلا من التسخين الكامل للجسم والتسخين المفرط المتمركز على النسيج من جراء معدل الامتصاص النوعي في المدى الترددي من 100 كيلو هرتز إلى 10 جيجا هرتز.

3. منع التسخين المفرط للنسيج سواء على سطح الجسم أو قريبا منه وذلك من جراء كثافة القدرة في المدى الترددي من 10 إلى 300 جيجا هرتز.

ب. يحظر تجاوز المستويات المرجعية الواردة في الجدولين رقم (1, 2) والخاصة بالمجال الكهربائي والمغناطيسي لمتغير مع الزمن للمدى الترددي حتى 10 جيجا هرتز لكلا من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.

ت - يحظر تجاوز المحددات الأساسية الواردة في الجدول رقم (3) للمدى الترددي اكثر من من 10 جيجا هرتز لكل من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم. .

ث - يجب عدم تجاوز المستويات المرجعية الواردة في الجدول رقم (4) والخاصة بتيار التماس المتغير مع الزمن من الأجسام الموصلة لكل من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.

ج - يجب عدم تجاوز المستويات المرجعية الواردة في الجدول رقم (5) والخاصة بالتيار المستحث في أي جزء من الجسم للمدى الترددي من **10** إلى **110** ميجا هرتز لكلا من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.

المادة 6

تحديد وتقييم التعرض للمخاطر

1. لتنفيذ الالتزامات المنصوص عليها في المادتين 3 اعلاة يقوم صاحب العمل إذا لزم الأمر ،بتوفير الأجهزة والمعدات والوسائل اللازمة لقياس المستويات المرجعية للمجال الكهرمغنطيسي التي يتعرض لها العاملين والجمهور.

2. على أساس تقييم المستويات المرجعية فعند تجاوزها يقوم صاحب العمل بتقييم أو حساب المحددات الأساسية للتعرض.

3. التقييم، القياس أو الحسابات المشار إليها في الفقرتين 1 و 2 ليس من الضروري أن يتم في أماكن العمل المفتوحة للجمهور.

4. التقييم، القياس و / أو الحسابات المشار إليه في الفقرتين 1 و 2 يخطط لها وتنفذها هيئات مختصة أو أشخاص مؤهلين في فترات منتظمة .البيانات التي تم الحصول عليها من التقييم والقياس و / أو حساب مستوى التعرض يجب حافظها بشكل مناسب وذلك لإتاحة الفرصة لتقيمها من السلطة الرقابية في مرحلة لاحقة.

5 –عندما يكون التعرض أكثر من المحددات الأساسية للتعرض ، يجب أن تتاح للعاملين المعنيين في تشغيل وصيانة أجهزة البث دوريا للتأكد من عدم إصابتهم بأي أضرار صحية نتيجة تعرضهم لمستويات إشعاعية غير مسموحة وفقا للقوانين الوطنية.

المادة -7

وقاية العاملين مع معدات الترددات الراديوية

1 – يخضع الأشخاص العاملين إلى تقييم طبي لقدرتهم على مثل هذه الأعمال تضمن التقييم الطبي اضطرابات العين (باستثناء نظارة القراءة) وجود قطع طبية مزروعة في الجسم (مثل قطع معدنية) (عدا حشوات الأسنان) أو أجهزة (مثل منظم ضربات القلب) ويضمن التقييم اضطرابات الجهاز العصبي و اضطرابات الإنجاب.

1 – المرأة الحامل العاملة لا ينبغي أن تتعرض لمجالات الترددات الراديوية فوق حدود مستويات التعرض لعامة الناس.

1 – يجب تدريب العاملين لتأمين ممارسات العمل السليمة ، والإشراف على تدريبهم. ويجب آن يتم تدريبهم حول الضوابط المعمول بها في الترددات الراديوية وإدارة المخاطر المحتملة.

1 – استخدام معدات الحماية الشخصية (القفازات الجلدية و البدلات الوقائية المغلقة تماما)

1 – يجب على صاحب العمل توفر سجلات لتسجيل حالات التعرض المفرط، ونتائج العلاج الطبي ، والفحوص الطبية ، أو تقييم ومتابعة التعرض المفرط.

1 – السيطرة الهندسية وتتضمن: وضع التدريع ، الأقفال آلامنة، وتاريض الأجسام المعدنية الكبيرة ، استخدام عدادات كشف التسرب و أجهزة القطع والتوقف.

المادة - 8

وقاية الجمهور

(أ) تحديد المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور.

(ب) فرض قيود على دخول الجمهور إلى المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور .

(ت) توفير إشارات تحذيرية مناسبة أو ملاحظات حول التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية.

(ث) إخطار السلطة الرقابية المختصة ، في حالة التعرض الذي يتجاوز الحدود ذات الصلة.

(ج) التقليل إلى أدنى حد من التعرض لمجال الترددات الراديوية التي لا داعي لها ، أو التعرض العارض الناتج عن متطلبات العمل ، و يمكن أن يتحقق ذلك بسهولة معقولة .

المادة ـ 9

هوائي محطات الهواتف المحمولة

أن يكون التعاقد بين شركات الاتصالات والجهات المؤجرة لمواقع المحطات الثابتة بعقد صادر من المجلس الأعلى للاتصالات وينبغي الالتزام بالشروط التالية في جميع محطات البث الثابتة:

1. إنارة أبراج الهوائيات بحيث تكون في أعلى البرج.
2. عدم التسبب في إحداث أي تداخل مع محطات أخرى أو تشويش على خدمات أخرى.
3. عزل حقول الهوائيات عزلا تاما بحيث توفر عوامل السلامة للمارة والسكان.
4. وضع الإشارات التحذيرية المناسبة بشكل واضح تبين المحيط المعزول.
5. تزويد المحطة بنظام مانع صواعق مناسب.
6. توفير نظام إنذار ضد الحريق وكذلك التجهيزات اللازمة للإطفاء والإسعافات الأولية.
7. عمل نظام تأريض للأبراج وللأجهزة حسب الأصول الفنية لأمن وسلامة العاملين.
8. عمل فحص دوري، مرتين سنويا، للتأكد من فعالية إجراءات الأمان وتوثيق ذلك.
9. استعمال هوائي معياري معزول عند إجراء فحوصات أو تجارب على الأجهزة العاملة.

10. اتخاذ كافة الإجراءات وتوفير جميع المتطلبات اللازمة التي تكفل سلامة العاملين.

11- توفير كافة أجهزة القياس اللازمة لقياس كثافة القدرة وشدة المجال الكهربائي والمغناطيسي وبمواصفات تتفق مع التردد والقدرة المستخدمتين.

12. إجراء جميع القياسات المطلوبة شهريا وتوثيقها.

13 - يجب أن لا تتجاوز كثافة القدرة للإشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة من هوائيات الأبراج للجمهور عن 0.1 واط/م^2 وللعاملين عن 2 واط/م^2.و للأبراج على سطح المباني يجب أن لا تتجاوز كثافة القدرة للإشعاعات الكهرومغناطيسية على ارتفاع 3 متر من سطح المبنى عن0.1 واط/م^2

14 - لا تقل المسافة بين هوائي محطات الهواتف المحمولة وأي مبنى يقابل انتشار الموجات الكهرومغناطيسية عن 12 متر من اقرب نقطة لقاعدة البرج.

15 - تتاح للعاملين الذين يرومون أصلاح المباني التي على سطحها المحطة والهوائيات معلومات ذات صلة عن التعرض لمجال الموجات الكهرومغناطيسية EMF من المحطة والهوائيات ، والاحتياطات التي يتعين القيام بها قبل وأثناء تنفيذ المهام على سطح المباني ، وتعليمات العمل ، والمحددات المفروضة على الدخول وأي تحذيرات أخرى.

15 - تحديد حدود الامتثال حول هوائيات المحطات الأرضية وتكون على شكل اسطوانة قطرها يعتمد على نوع الهوائي والتردد ويقابل ارتفاع الهوائي مضافا له 20 سم 10 سم اعلي الهوائي 10 سم أسفلة). وتثبيت القيم عند مدخل المحطة.

المادة - 10

العقوبات

في حال انتهاك التشريعات الوطنية تقوم الدولة باعتماد عقوبات فعالة ورادعة.

الجدول 1 المستويات المرجعية للتعرض المهني للمجال الكهرباني والمغناطيسي المتغير مع الزمن *

المدى الترددي (f)	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المجال الكهربائي E (V/m)	الفيض المغناطيسي B (μT)	كثافة قدرة ألموجات المستوية (S_q) (W/m^2)
اكبر من 1 Hz	163×10^3	—	2×10^5	—
1 - 8 Hz	$163 \times 10^3/f^2$	20,000	$2 \times 105/f^2$	—
8 - 25 Hz	$2.0 \times 10^4/f$	20,000	$2.5 \times 10^4/f$	—
0.025 - 0.82 kHz	20/f	500/f	25/f	—
0.82 - 65 kHz	24.4	610	30.7	—
0.065 - 1 MHz	1.6/f	610	2.0/f	—
1 – 10 MHz	1.6/f	610/f	2.0/f	—
10 - 400 MHz	0.16	61	0.2	10
400 - 2,000 MHz	$0.008f^{1/2}$	$3f^{1/2}$	$0.01 f^{1/2}$	f/40

50	0.45	137	0.36	2 - 300 GHz

- الملاحظات :

1 - f كما هو مبين في العمود لمديات التردد.

2 -على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ،ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.

3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ، (S_q) ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.

4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

الجدول 2 المستويات المرجعية لتعرض الجمهور للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن *

كثافة (S_q) القدرة للموجات المستوية (W/m^2)	الفيض المغناطيسي B (μT)	المجال الكهربائي (V/m) (E)	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	مدى التردد (f)
—	4×10^4	—	3.2×10^4	اكبر من1 Hz
—	$4 \times 10^4/f^2$	10,000	$3.2\times 10^4/f^2$	1 - 8 Hz
—	5000/f	10,000	4000 /f	8 - 25 Hz
—	5/f	250/f	4/f	0.025–0.8 kHz
—	6.25	250/f	5	0.8–3 kHz
—	6.25	87	5	3–150 kHz
—	0.92/f	87	0.73/f	0.15–1 MHz
-	0.92/f	$87/f^{1/2}$	0.73/f	1–10 MHz
2	0.092	28	0.073	10–400

				MHz
f/200	$0.0046f^{1/2}$	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	400–2,000 MHz
10	0.20	61	0.16	2 - 300 GHz

الملاحظات :

1 - F كما هو مبين في العمود لمديات التردد.

2 -على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ،ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.

3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ، (S_q) ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.

4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

5 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1و2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميجاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميجاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميجاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة ،تأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات (S_q) ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.

6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ، S_q ، E^2، H^2 ، وB^2 يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل $68/f^{1.05}$ دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).

7 -لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوما بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه

الجدول 3 المحددات الأساسية للمجال الكهربائي والمغناطيسي للترددات أكثر من 10 GHz *

خواص التعرض	مدى التردد	كثافة التيار للرأس والجذع mA/m^2	SAR لعموم الجسم (W/ kg)	SAR الموضعية للرأس والجذع (W / kg)	SAR الموضعية للأطراف (W/ kg
التعرض المهني	أكثر من 1 Hz	40	-	-	-
	1kHz –4 Hz	40/f	-	-	-
	Hz 4–1	10	-	-	-
	kHz 100 – 1	f/100	-	-	-
	10 - kHz 100 MHz	f/100	0.4	10	20
	10 – MHz10 GHz		0.4	10	20
تعرض الجمهور	أكثر من 1 Hz	8	-	-	-
	Hz 4– Hz 1	8\ f	-	-	-
	kHz 1– Hz 4	2	-	-	-
	kHz 100 – 1	f/500	-	-	-
	10 – kHz100 MHz	f/500	0.08	2	4
	10 – MHz10 GHz		0.08	2	4

ملاحظات

1- f التردد مقاسا بهرتز.

2- بسبب عدم التجانس الكهربائي للجسم ،فان كثافة التيار ينبغي أن تكون كمعدل لمقطع عرضي مقداره 1 cm^2 عمودي على اتجاه التيار.

3- ترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز ،قيمة ذروة كثافة التيار يمكن الحصول عليها عن طريق ضرب قيمة متوسط الجذر التربيعي $(\sqrt{2}) = 1.414$ لنبضات فترتها t_p من التردد المعادل الذي يطبق إلى المحددات الأساسية التي ينبغي أن يحسب كما $f=(1/2t_p)$.

4 - لترددات نبضية تصل إلى 100 كيلو هرتز للمجالات المغناطيسية ، والحد الأقصى لكثافة التيار المرتبطة بالنبضة والتي يمكن حسابها من ارتفاع /او انخفاض الزمن والحد الأقصى لمعدل تغير كثافة الفيض المغناطيسي. كثافة التيار المستحث يمكن مقارنتها مع المحددات الأساسية المناسبة.

الجدول 4 المستويات المرجعية للتيارات المتغيرة مع الزمن من المواد الموصلة

تعرض الجمهور	التعرض المهني	مدى الترددات
التيار الأعظم (ملي أمبير)		
0.5	1.0	<2.5 kHz
0.2/f	0.4f	2.5 - 100 kHz
20	40	100 kHz - 110 MHz

f التردد مقاسا kHz

الجدول 5 المستويات المرجعية للتيارات المستحثة في الإطراف

تعرض الجمهور	التعرض المهني	مدى الترددات
التيار الأعظم (ملي أمبير)		
45	100	10 - 110 MHz

5- جميع قيم SAR يجب أن يأخذ معدلها في أي فترة مقدارها 6 دقائق.

6- SAR الموقعة يأخذ معدل كتلتها عند أي 10 غرام من الأنسجة المتجاورة ؛ الحد الأقصى للمقدار SAR الذي نحصل علية ينبغي أن يكون مساويا للقيمة المقدرة للتعرض.

7- لنبضات فترتها tp فان التردد المعادل الذي يطبق للمحددات الأساسية ينبغـــي أن تحسب كما $f=(1/ 2t_p)$. وبالإضافة إلى ذلك التعرض للنبضات في مدى التردد 0.3 إلى 10 جيجا هرتز ، وإلى التعرض الموضعي للرأس ، وذلك من أجل الحد من أو تجنب الآثار السمعية الناجمـــة عـــن التوســـع المـــرن الحراري ، يوصى بإضافة المحددات الأساسية. هو أن SAR لا ينبغـــي أن تتجاوز 10 مللي جول/ كغم للعاملين و 21 مللي جول/ كغم للجمهور كمعدل لكتلة 10غم من الأنسجة.

الفصل التاسع

التاثيرات الصحية لبعض الاجهزة الالكترونية

9 – 1- الكمبيوتر وتاثيراته الصحية

واحد من أهم فوائد الحاسوب هو تصفح شبكة الانترنيت والتي تعمل من خلال الاتصال بالموجات الراديوية واتي لها تأثيرات الإشعاع غير المؤين بالإضافة إلى التأثيرات الصحية الأخرى والتي نتطرق لها في هذا الجزء . لقد دخل الكمبيوتر أو الحاسوب في أواخر القرن الماضي وأصبح أحد أدوات العمل في أغلب المجالات الصناعية والعمرانية والزراعية، كما أصبح أحد الأدوات المتواجدة في أغلب البيوت نتيجة لفائدته الجمة في أغلب نواحي الحياة. كثير من الآباء قلقون من استخدام أطفالهم الكمبيوتر الجوال لفترات طويلة ووضعه على جحورهم ويعتقد بعضهم أن ذلك يمكن أن يسبب العقم او قد يزيد من خطر إصابة الخصية بالسرطان وسبب ذلك يعود إلى التقارير واسعة النطاق في المجلات غير العلمية الكثير من المعلومات و شبكة الانترنت بدعوى أن استخدام الجوال لفترات طويلة من الزمن يمكن ان يؤدي للسرطان وجميع أنواع المشاكل الصحية الأخرى. ويزداد قلق الناس ليس على صحتهم وصحة السكان الحاليين ، بل أيضا على صحة الأجيال المقبلة. حيث أن كثير من الأطفال يستخدمون أجهزة الكمبيوتر الحرارية يوميا ، وهم في حالة نمو ، والخوف أن ذلك سيكون له تأثير سلبي على صحتهم في السنوات المقبلة. ومع ذلك ، للأسف لا توجد إجابة واضحة المعالم لذلك و لا توجد دراسات هامة مع أدلة دامغة تدعم هذه الفرضية. كل هذه الفرضيات مقترنة بتأثير الإشعاع المؤين(الأشعة السينية) والتي تختلف كثيرا بتأثيرها عن تأثير الإشعاع غير المؤين المنبعث من أفران المايكروويف ومشغلات أقراص الفيديو الرقمية والهواتف الجوالة والحواسيب أيضا . لكن منظمة الصحة العالمية أشارت إلى عدم وجود آثار سلبية من الموجات الراديوية ذات القدرة المنخفضه المستوى ، وحتى عند التعرض لفترة طويلة. أوضح خبراء الفيزياء أن الإشعاع المنبعث من الهواتف الجوالة أقل من ذلك بكثير من تلك

المنبعثة من فرن الميكروويف المنزلي وأقل بكثير من الحد الأدنى لأي تأثير على البشر.

تقسم الآثار من استخدام الكمبيوتر الخاطئ إلى آثار بدنية و نفسية قصيرة المدى تشمل إجهاد عضلات العين والاخرى بعيدة المدى تشمل آلام :العضلات ، المفاصل ، العمود الفقري ، الرقبة ، أسفل الظهر، و الرسغ كما يمكن أن يتسبب في ظهور حالة من الأرق والرادمان على الانترنيت .

مع زيادة استخدام الحاسوب ، فان كثير من الشواغل المتعلقة بالصحة والسلامة المتعلقة بالرؤية وأوجاع وآلام الجسم. العديد من مشاكل استخدام الكمبيوتر مؤقتة ويمكن حلها من خلال اعتماد إجراءات تصحيحية بسيطة. معظم المشاكل المتعلقة باستخدام الكمبيوتر يمكن تجنبها تماما. لكن من المهم أن يسعى إلى طلب العناية الطبية الفورية عند حصول الأعراض. أجهزة الكمبيوتر الجوال الحالية مشاكل خاصة بسبب الشاشات الصغيرة ، ولوحات المفاتيح وأجهزة المؤشرات (مثل الماوس أو لوحة اللمس الصغيرة touchpad). وينبغي تجنب استخدام أجهزة الكمبيوتر الحرارية لفترة طويلة. إذا استخدام الكمبيوتر الجوال بدلا من كمبيوتر المكتب (استخدامه كجهاز كمبيوتر مكتب على النحو المعتاد ، بالإضافة إلى استخدامه كمبيوتر محمول) ، المخاطر الرئيسية المرتبطة باستخدام أجهزة الكمبيوتر تشمل:

9 – 2-مشاكل في خصوبة الذكور Fertility Problems

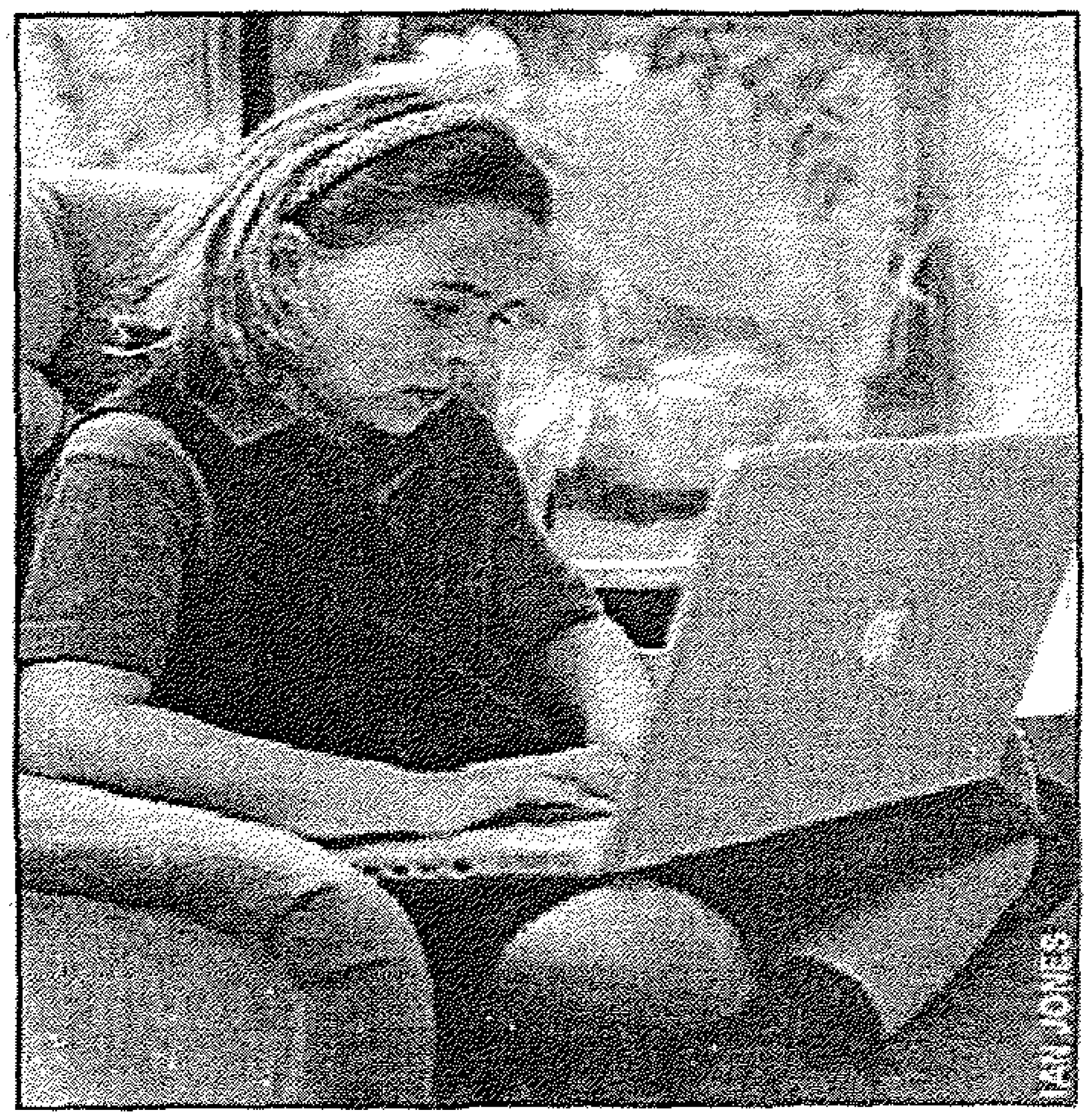
من المعروف أن الأعضاء التناسلية للذكور خارج الجسم وذلك لإبقائها باردة وضمن درجة الحرارة المطلوبة لإنتاج الحيوانات المنوية وبقائها على قيد الحياة. في كثير من الأحيان توضع أجهزة الكمبيوتر الجوال على الفخذين و على مقربة جدا من المنطقة التناسلية و هذا يمكن أن يؤدي إلى رفع درجة الحرارة داخل كيس الصفن وقد تسبب العقم وربما تلف خلايا الخصيتين. ويعتقد بأن السرطان يمكن أن يتولد بسبب تلف الخلايا. ومن غير المعروف سبب سرطان الخصية أو زيادة

عدد الرجال المصابين بسرطان الخصية والعديد من الأمراض الخطيرة في العقود الأخيرة.

ومن المثير للاهتمام ، أن البحوث الطبية حول سرطان الخصية لا توجد فيها أي إشارة لأجهزة الكمبيوتر الحرارية ، والحواسيب ، أو الإشعاع كعامل يمكن أن تزيد من مخاطر الإصابة بهذا النوع من السرطان. لكنها أشارت إلى أن عوامل الخطر الرئيسية لسرطان الخصية ومشاكل الخصوبة يعود إلى العامل الوراثي ، الطبقات الاجتماعية الغنية ، الجنس الأبيض مقارنة بالأسود والأصفر ، وبسبب بعض الإمراض والمضاعفات النادرة المرتبطة بالنكاف الذي ينطوي على تورم الخصيتين.

لكن ، عدم وجود أي أدلة قوية تشير إلى أن استخدام الجوال يمكن أن يزيد من خطر الإصابة بسرطان الخصية لا يعني بالضرورة أنه لا توجد مخاطر الصحية المرتبطة بالبقاء كثير من الوقت أمام شاشة الكمبيوتر. حتى يتم إجراء مزيد من الأبحاث التي يمكن أن تلقي الضوء على ما إذا كانت أجهزة الكمبيوتر الحرارية هي آمنة تماما أم لا. لذلك ولعدم وجود أدلة أكيدة حول الكمبيوتر الجوال بان لا يضع الكمبيوتر الجوال على الحجر مباشرة وخاصة أثناء تشغيله بالتيار الكهربائي لأن كمية الحرارة المتولدة كبيرة مقارنة عند تشغيله بالبطارية لان الحاسب الجوال يستهلك تيار اكبر أثناء تشغيله بالتيار الكهربائي. السبب في ذلك أنه عند تشغيله بالتيار الكهربائي فإن الشاشة تعمل بكامل طاقتها وتكون الإضاءة بها عالية أما عند تشغيلها بالبطارية فإن نسبة الإضاءة تنخفض توفيرا للطاقة. نفس الوضع بالنسبة للمعالج الذي يستهلك طاقة أكبر عند تشغيله بالتيار الكهربائي. كلما زاد استهلاك الحاسب الجوال للتيار الكهربائي كلما نتج عنه حرارة أكبر.





لذلك تجنب قدر الإمكان وضع الحاسب الجوال و وضعه علـــى ســطح آخــر , الجلوس على مسافة جيدة بعيدا عن شاشة العرض ، على الرغم مـــن أن الأشـــعة القادمة من شاشة الكمبيوتر الجوال هو في الواقع أقل من تلك التي تأتي من جهاز الكمبيوتر المكتبي. ويفضل أن تكون شاشة الكمبيوتر الجوال مرصـــصة يمكـــن لتوهين الإشعاع المنبعث . ولا يوجد في الوقت الحاضر أي دراسة حول إضــــرار الهاتف الجوال على الإنجاب عند البنات عند وضعة على الفخذين.مـــن البحـــوث المهمة حول المخاطر الصحية للكمبيوتر الجوال البحث الذي قدمه (Sheynkin Yefim يفيم شينكين) أستاذ علم المسالك البولية المشارك في جامعة' نيويـــورك' عام 2004 أن خصوبة الذكور يمكن أن تتأثر عند وضع أجهزة الكمبيوتر الجوال على الفخذين ، لمرات عديدة علي مدار اليوم، ولسنوات عديدة وذلك لان الحرارة الشديدة المنبعثة من الجهاز تقوم برفع درجة حرارة كيس الصفن (الجهاز التناسلي الذكري) مما يؤثر سلباً في تركيز وعدد الحيوانات المنوية وقد ذكـــرت دراســـة أخرى أن زيادة درجة حرارة الكيس نصف درجة تنخفض عدد وتركيز الحيوانات المنوية بنسبة % 40 مع العلم أن الجهاز قادر على رفع درجة الحرارة إلى أكثـــر من 2 درجة سليزية. وهناك عوامل كثيرة يمكن أن ترفع درجة حـــرارة كـــيس

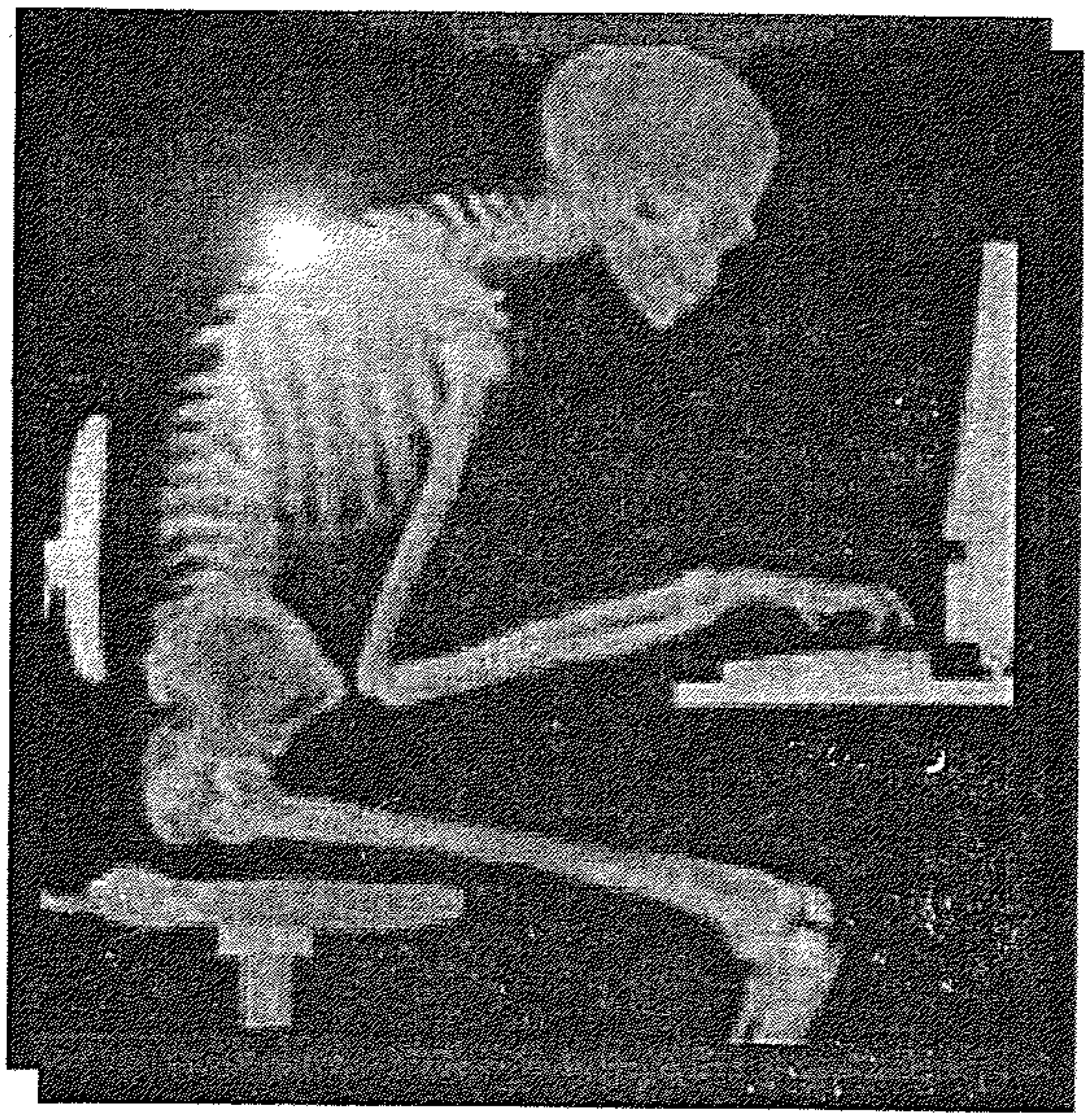
الصفن ، بما في ذلك الحمامات الساخنة ، وحمامات البخار ، والسراويل الـضيقة للفارس وكذلك الكمبيوتر الجوال. وعبر الباحث عن مخاوفه من أن الذكور الذين تتراوح أعمارهم بين15 -20 عاما، واللذين يستخدمون أجهزة الكمبيوتر الجـوال لفترة طويلة قد تكون له أثار ضارة على الإنجاب، علي المدى البعيد . وقد لوحظ انخفاض إنتاج الحيوانات المنوية تدريجيا في العقود الأخيـرة. وقـام البـاحثون بدراسة 29 شابا أصحاء تتراوح أعمارهم 21 - 35 سنة لمدة سنتين ، بوضعهم لمدة ساعة يوميا في غرفة مسيطر على مدرجة حرارتهـا. وكـان المـشاركون يرتدون ملابس متشابه. تم قياس درجة حرارة الجسم بعد وقوفهم في الغرفة لمدة 15 دقيقة لغرض التكيف على درجة حرارة الغرفة ، وبعد ذلك قـام جـزء مـن الشباب بالعمل على نوعين من أجهزة الكمبيوتر الحرارية بنتيوم 4 احدها تشتغل وقد وضعت على أفخاذهم والأخرى غير شغالة. وضع الرجال أجهزة الكمبيوتر الحرارية على حجرهم. ثم تم إزالة أجهزة الكمبيوتر الغير عاملة ، وأوعز للرجال لوضع أجهزة الكمبيوتر الحرارية العاملة في نفس المكان طوال الدورة. تم رصد درجات حرارة كيس الصفن (الخصية للرجال) كل ثلاث دقائق. كما تم رصـد درجات الحرارة في الجزء السفلي من أجهزة الكمبيوتر العاملة ، ارتفعت درجـة حرارة الصفن بوجود أجهزة الكمبيوتر العاملة وعدم العمل. ومـع ذلـك ، فـان أجهزة الكمبيوتر الحرارية العاملة سببت زيادة في درجات حرارة كـيس الـصفن بمقدار 2.7 درجة سليزية وهذا بسبب الحرارة الناتجة عـن أجهـزة الكمبيـوتر الحرارية. أما المشاركون بأجهزة الكمبيوتر الحرارية غير العاملة ازدادت درجة حرارة كيس الصفن بحوالي 2.1 درجة سليزية). في الدراسة ، وجد بان حـرارة الجزء السفلي من أجهزة الكمبيوتر الجوال قد ارتفع من 31 سليزية درجة إلى ما يقرب من 40 درجة سليزية بعد ساعة من التشغيل. وضع أجهزة الكمبيوتر الجوال في الحجر يسبب ارتفاع درجة حرارة كيس الصفن نتيجـة التعـرض للحـرارة وتأثيرات موقع الجهاز من الجسم ، ويقول الباحثون أن هذه الزيادة قد تكفي للتأثير

على خصوبة الرجل . فإنهم لاحظوا أن دراسة أخرى أظهرت أن تركيز الحيوانات المنوية يقل بنسبة 40 ٪ عند ارتفاع متوسط درجة حرارة كيس الصفن خلال النهار بنسبة درجة سليزية واحدة. وهناك عوامل كثيرة يمكن رفع درجة حرارة كيس الصفن ، بما في ذلك الحمامات الساخنة ، وحمامات البخار ، والسراويل الضيقة الفارس. كما تم تأشير حالات الطفح الجلدي وغيرها من التأثيرات على الجلد ، على الرغم من أنه يعتقد أن تلك يحدث بسبب الجو الجاف والكهرباء الساكنة المرتبطة بوحدات العرض وتوجد مخاطر محتملة من الإشعاع الكهرومغناطيسي على الرغم من صعوبة إثبات ذلك.

مشاكل وإلام الظهر والعنق سببها وضعية الجلوس السيئة أمام الحاسب وخاصة رفع أو خفض الرأس لرؤية الشاشة وذلك يسبب ضغطا وتأزما غير طبيعي على الفقرات العنقية لفترات طويلة مملا يؤدي إلى التهابها وربما إلى عطل أو جرح دائم.

عند تقوس الظهر عند الجلوس واستخدام لوحة المفاتيح فأنة يؤدي إلى الإضرار بالفقرات التي توجد بينها أقراص تعمل كوسائد، أو ماصة للصدمات تمنع الفقرات من الاحتكاك مع بعضها أو مع الأعصاب.

9 – 3-مشاكل العظام والعضلات musculoskeletal problems



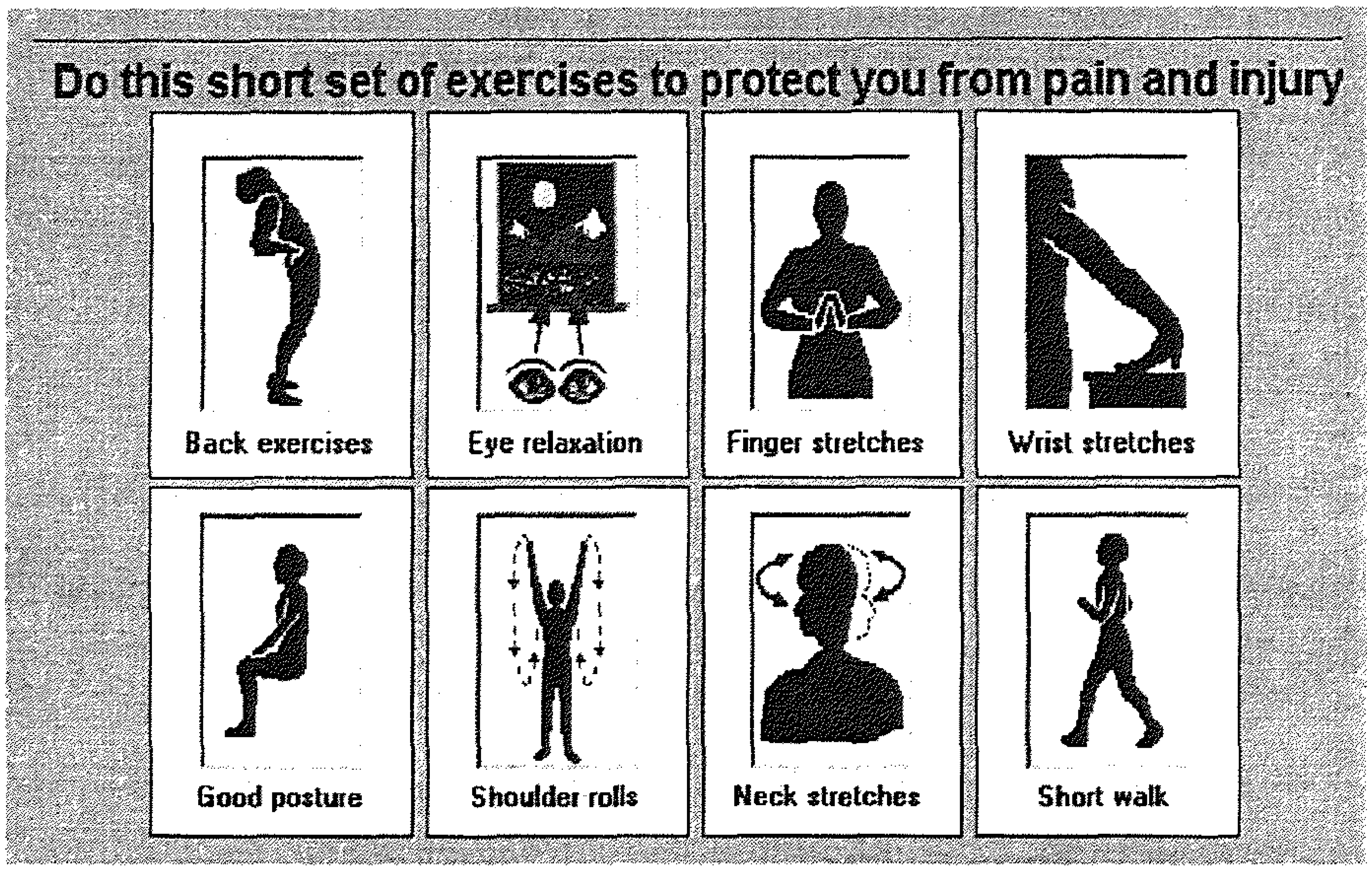
لذا فإن الضغط لفترات طويلة قد تسبب انفلات هذه الأقراص من مكانها والتسبب في آلام مبرحة، كما أن الإصابات والجروح الأقل خطرا قد يسببها سحب العضلات. وأفضل وقاية أو علاج لها هو وضعية الجلوس الصحيحة بشكل منتصب أمام الكمبيوتر. هذه المشاكل يمكن أن تتدرج من الأوجاع والآلام العامة إلى لمشاكل الأكثر خطورة ، وتشمل :

- اضطرابات الطرف العلوي مثل إصابة الإجهاد المتكررة ، التهاب الغشاء المفصلي، ومتلازمة النفق الرسغي وهي الأكثر أهمية لأنها يمكن أن تؤدي بسرعة إلى العجز الدائم
- آلام الظهر والرقبة وعدم الراحة
- الإجهاد ، الصداع ، التوتر و الأمراض ذات الصلة

تجنب مشاكل العظام والعضلات

الاحتياطات العامة لتجنب مشاكل العضلات والعظام ما يلي :

أخذ راحة منتظمة قصيرة من العمل في جهاز الكمبيوتر كان تكون بضع دقائق على الأقل مرة واحدة كل ساعة ويجب أن لا يتجاوز الزمن الكلي للعمل نصف مقدار الدوام الرسمي، وأن تتم تجزئة العمل، والقيام بأعمال أخرى إضافة للحاسب، وأخذ استراحة ، وأن تكون الاستراحة قبل مرحلة الشعور بالإرهاق، والاستراحة القصيرة أفضل من الطويلة وتحدد الاستراحة القصيرة من قبل العامل نفسه بحيث تكون فترتها حوالي 5- 10 %من فترة العمل . وأثناء الراحة يفضل إجراء تمارين رياضية أثناء فترة الدوام .

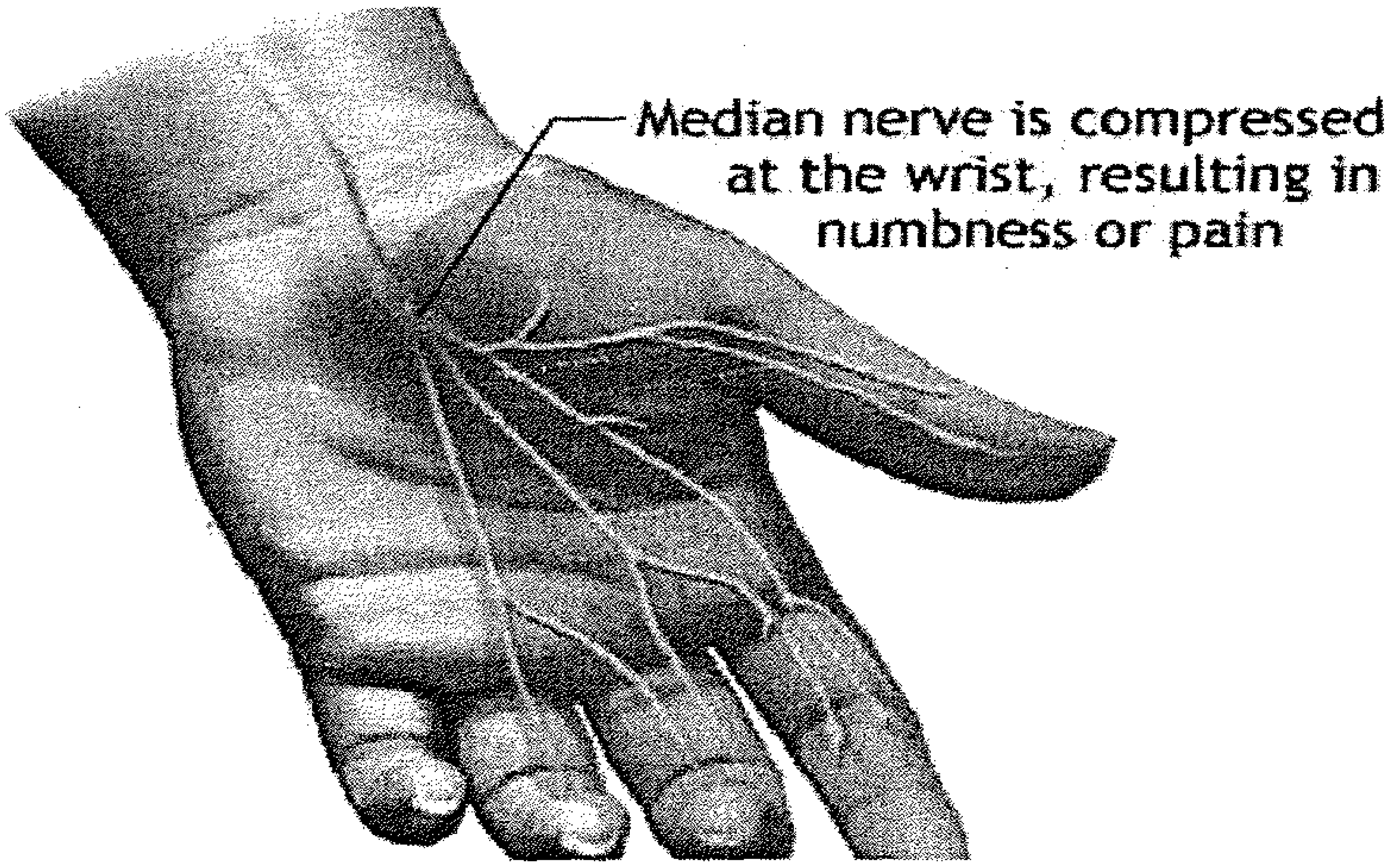


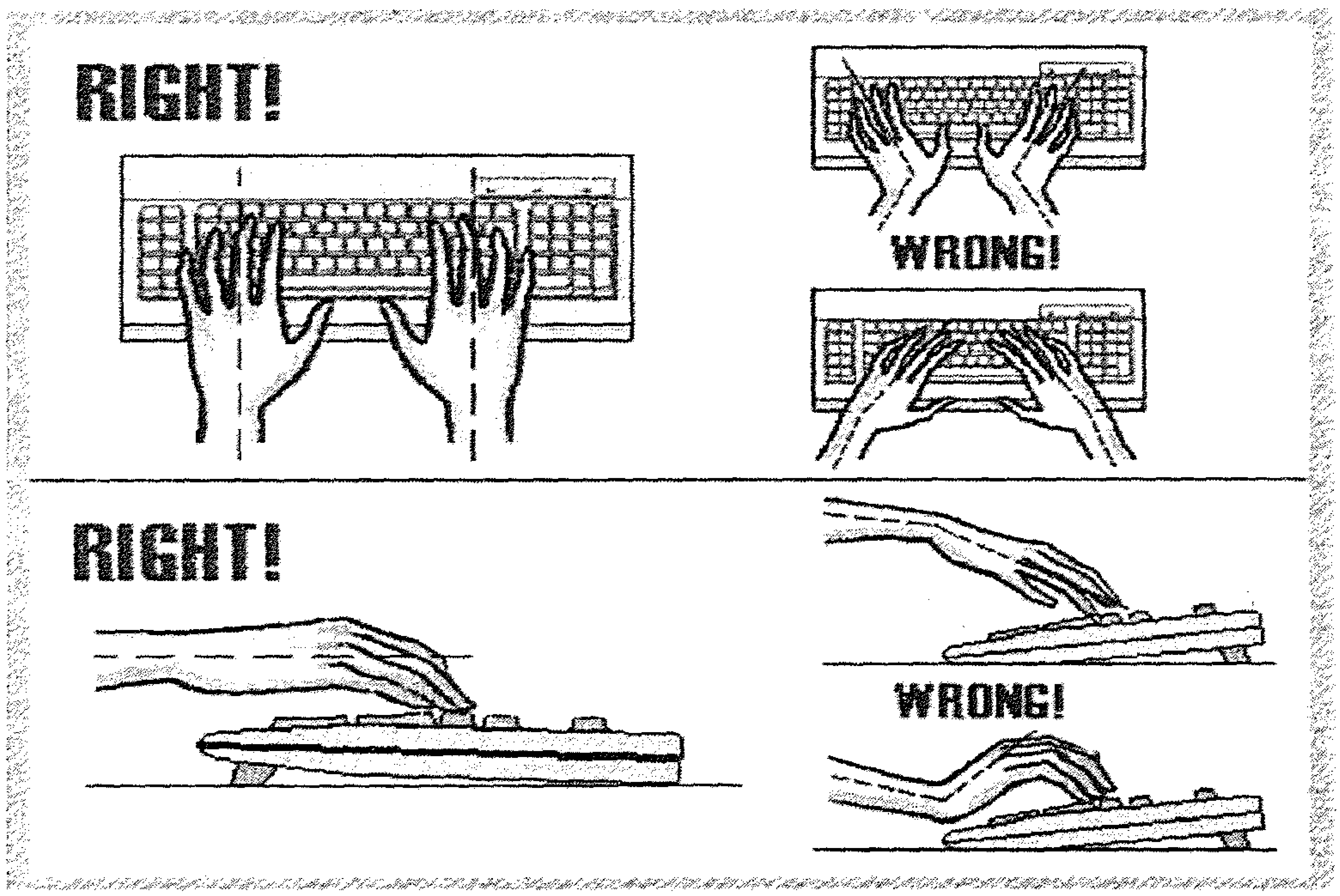
- استرخاء الجسم والجلوس بشكل مستقيم وإسناد لأسفل ظهرك
- استخدام بعض لمعدات الراحة مثل معدة لراحة القدمين والمعصم .
- يكون الماوس ولوحة المفاتيح على نفس المستوى
- تجنب الإمساك بالماوس بقوة وإنما تمسك برفق وانقرها بلطف

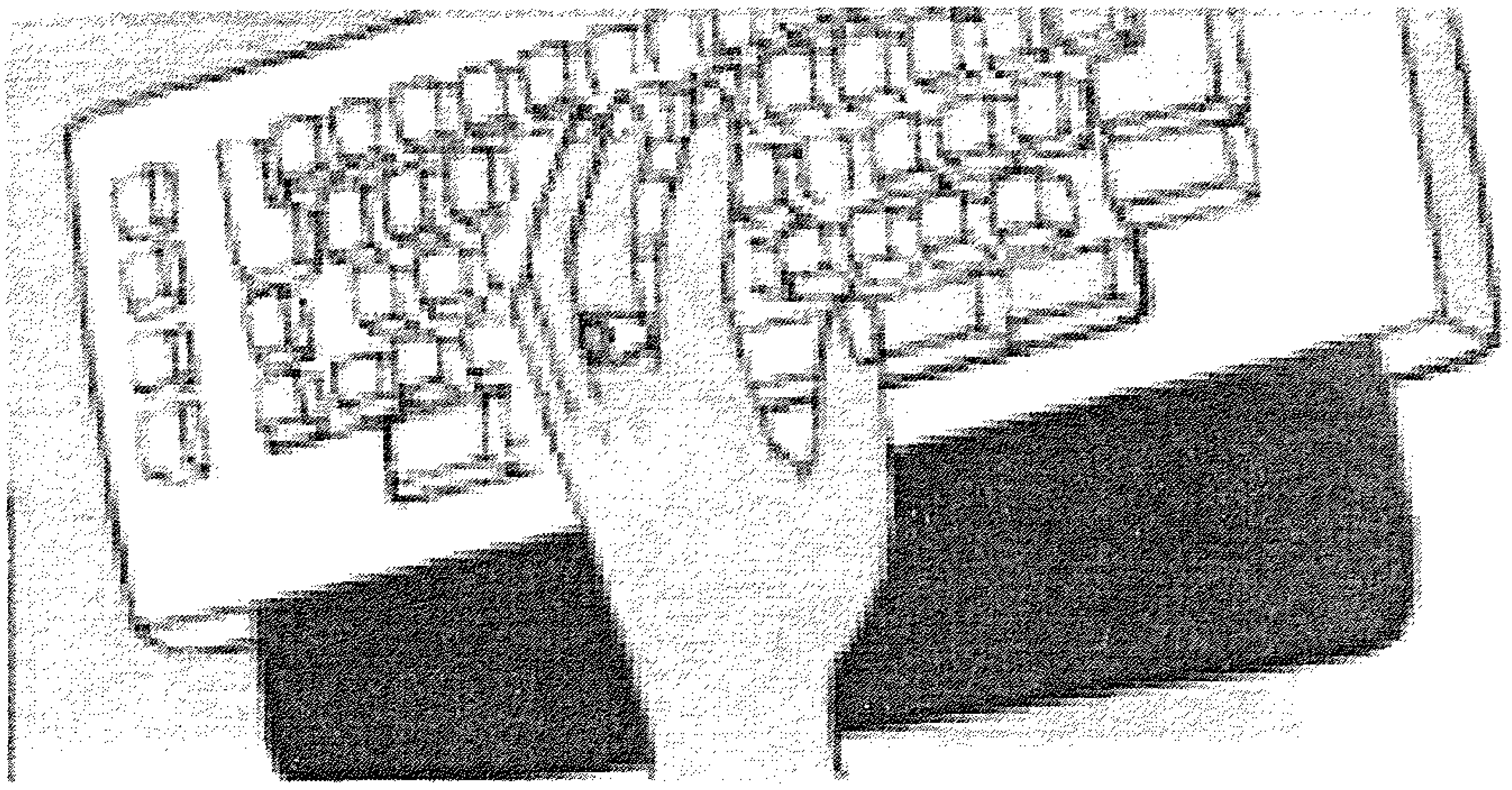
- تعرف على اختصارات لوحة المفاتيح للتطبيقات التي تستخدم بانتظام (لتجنب الاستخدام ألمفرط للماوس)
- إبعاد المصابين بمرض سوفان فقرات العمود الرقبي أو الظهري خشية تفاقم الإصابة. ومن المهم أيضا أن يكون إعداد موقع العمل بشكل صحيح. والتي تشمل الشاشة (العارض)، لوحة المفاتيح ، الماوس ، المقعد ، المكتب ، و مسند القدمين لتمكينك من وضع قدميك علية إذا كانت لا يصل إلى الأرض) ،
- استخدام منضدة مصممة هندسيا لوضع الكمبيوتر الجوال عليها بدلا من وضعة في الحجر والذي سوف يؤدي إلى راحة الذراعين ويقلل من الإجهاد.

متلازمة النفق الرسغي Carpal Tunnel Syndrome

متلازمة نفق الرسغ (CTS) هي الإصابات المتكررة الناتجة عن الضغط ، عندما تدفع الأوتار العصبية الوسطى بواسطة العضلة القابضة إلى داخل النفق المتكون من عظام الرسغ.يؤدي ذلك إلى إصابة الأصابع بحالة من الخدر أو انتشار الألم باليدين والذراعين . تكون متلازمة نفق الرسغ في أوتار العضلة القابضة للساعد وبعض الأعصاب القليلة التي تمر عبر نفق صغير يتكون بين عظام الرسغ في اليد. عندما تتحرك الأيدي والأصابع ، فان الأوتار الباسطة تحتك بعكس جانبي النفق ، مما تسبب لهم في بعض الأحيان تورم واندفاع العصب الأوسط ، وعندما يدفع العصب الوسيط بواسطة الأوتار ، سوف نشعر بالألم.السبب في ذلك هو ثني الرسغ للأعلى او للأسفل. يفضل أستخدم وسادة للرسغ بجانب لوحة المفاتيح للمحافظة على الرسغين في وضع مستقيم موازي للوحة المفاتيح.


Median nerve is compressed
at the wrist, resulting in
numbness or pain


RIGHT!
WRONG!
RIGHT!
WRONG!



أعراض الإصابة بمتلازمة نفق الرسغ

- الألم الذي يتحرك من جهة في الرسغ والذراع
- خدر وبرودة في اليدين
- فقدان القوة و / أو حركة المفصل
- عدم الراحة وتصلب في أيدي
- الحاجة إلى تدليك اليدين والمعصمين والذراع
- تورم وبرودة في اليد

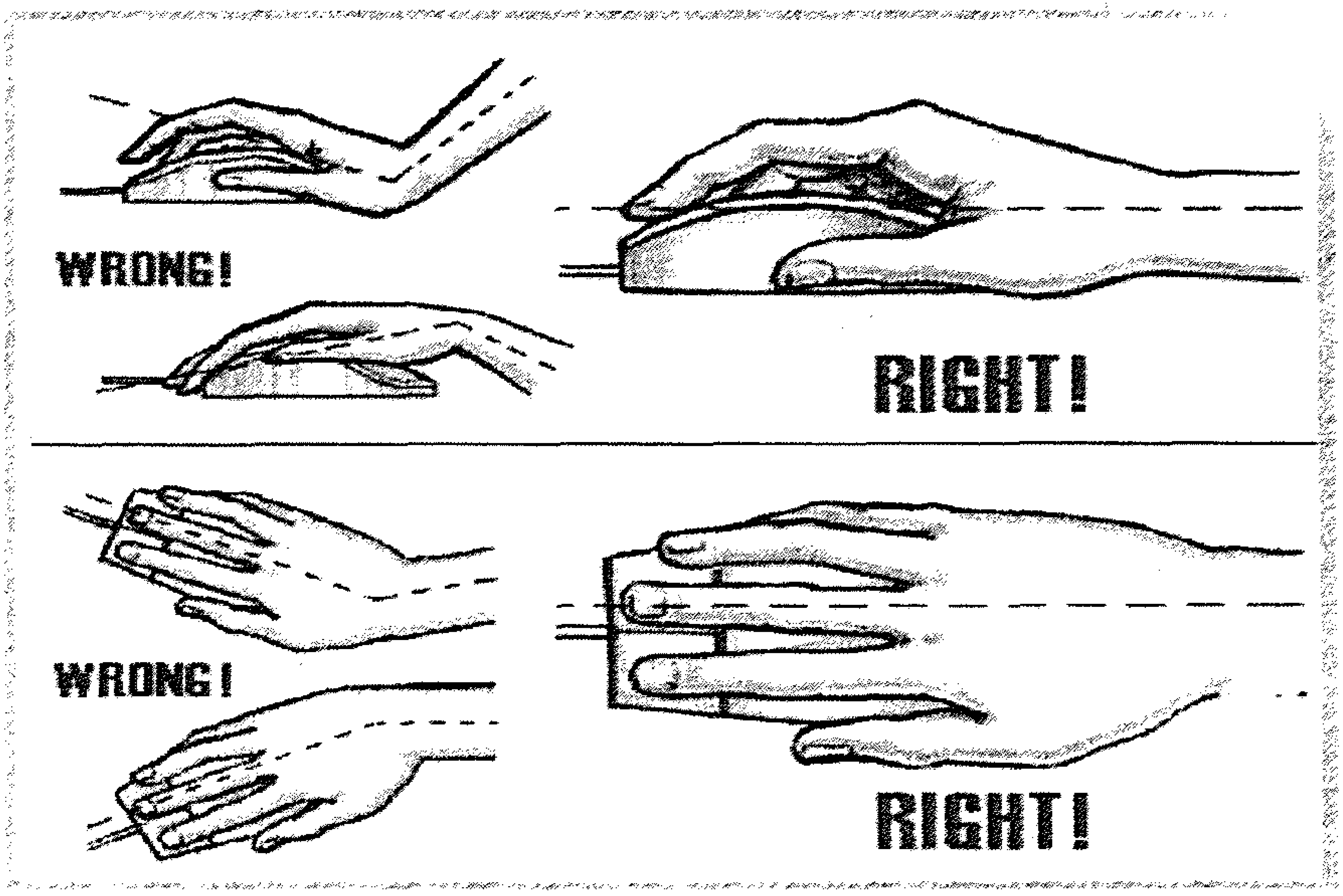
أسباب الإصابة بمتلازمة نفق الرسغ

- الإجهاد العضلي الذي يزيد من حدة شد العضلات مما يسبب الألم
- يمكن أن تنجم عن استخدام لوحة المفاتيح في غير وضعها الصحيح لا سيما الطبع لساعات طويلة.
- عدم دوران في العضلات تمنع المواد الغذائية والأوكسجين للوصول إلى الأنسجة
- الراحة غير الكافية .

- الاستعداد الجيني بسبب كمية تزييت الأوتار الباسطة التي يتلقهــا ا، والشكل الهندسي للنفق
- بعض المشاكل الصحية الأخــرى مثــل الــسكري والتهــاب المفاصــل الروماتويدي
- الأوضاع غير الجيدة مثل الجلوس غير الصحيح ووضع اليد على لوحــة المفاتيح والارتفاع المناسب للوحة المفاتيح
- سوء النظام الغذائي (نقص الفيتامينات)

معالجة متلازمة نفق الرسغ

- الراحة والمزيد من الراحة
- استخدام لفافة أو جبيرة للمعصم
- تناول الأدوية مثل البروفين
- الإقلاع عن السكر والكافيين والكحول وتناول الفيتامينات
- حافظ على دافئ اليد ، وأخذ استراحات ، وممارسة التمارين الرياضــية لليدين والذراعين
- وينبغي أن تكون الجراحة أخر العلاج إذا فشل كل شيء آخر
- تصحيح طريقة الطباعة واستخدم معرفتك بيئة العمل والاستخدام الأفضل للماوس



سبب هذه الأنواع من المشاكل يمكن أن يكون عن طريق :

- الوضع غير الطبيعي أو غير الصحي أثناء استخدام الكمبيوتر
- عدم كفاية إسناد أسفل الظهر
- الجلوس في نفس الموقع لفترة طويلة من الزمن
- الإعداد الهندسي غير الجيد لموقع الكمبيوتر

9 – 4- إجهاد العين :Eye strain

ما نراه على شاشة الحاسب قد يبدو ثابتا لكن جميع أنواع الشاشات يمكنها تجديد المنظر الذي من شأنه تعديل الصورة بشكل مستمر. ومن شأن العينين تسجيل هذا التقلب المستمر مما يشكل عاملا كبيرا في إجهادهما خاصة بالنسبة إلى أولئك الذين يستخدمون الحاسب لفترة طويلة في بيئة عمل غير جيدة يحصل إجهاد وحرقة في العين بسبب القراءة أو الكتابة بنص غير مكتوب بالأسود على شاشة بيضاء، ورجفان الخيال، وبسبب الإضاءة في أماكن العمل والتي تؤدي إلى سطوع أو انعكاس في الضوء، والتباين الكبير في صور مختلف الأجسام والمواضع المرئية

والرموز على الشاشة. إضافة إلى قصر نظر مؤقت بعد العمل علـــى الحاســوب، والتهاب قرنية ضوئي، والتأثير الحراري على الشبكية. ولا تقضي الشاشة البلورية (LCD) على المشكلة، وهي مثل الشاشة أنبوب الأشعة الكاثودية (CRT) تجــدد شكلها باستمرار من دون أن تلاحظ ذلك العينان.

لذلك فان مستخدمي جهاز الكمبيوتر يمكن أن يتعرضوا إلى عدد مـــن الأعــراض المتصلة بالرؤية وتشمل:

التعب البصري

- عدم وضوح الرؤية أو الرؤية المزدوجة
- حرقة ودمع العين
- الصداع والتغييرات المتكررة في النظارات الطبية .

لم يثبت أن استخدام الكمبيوتر يسبب تلفا مستديما في العين ، ولكن عدم الراحـــة المؤقتة التي قد تحدث يمكن أن تقلل من الإنتاجية ، فقدان وقت العمــل ، وعــدم الرضا الوظيفي. مشاكل العين عادة ما تكون نتيجة التعب البصري أو ألأضـــواء ساطعة من النوافذ أو مصادر الضوء القوية ، والتي تعكس ضـــوء مـــن شاشـــة العرض. إجهاد العين التأثير الأكبر على مستخدمين الحاسب والتي تسبب وجع ، تهيج ، عدم وضوح الرؤية ، واحمرار ، جفاف للعيون.

الاحتياطات التي يمكن اتخاذها لتجنب إجهاد العين ما يلي :

- تدريب العين من خلال التركيز بشكل دوري على أشياء علـــى مـــسافات متفاوتة لدى التركيز على شاشة الكمبيوتر يقل رمش العين وبالتالي يقل التزييت الطبيعي للعينين. لذلك يفضل الرمش بانتظام وإذا استمر الجفاف

ينصح باستخدام قطرة مرطبة للقضاء على الجفاف وليس قطرة تعالج احمرار العين.

- حافظ على رطوبة الهواء من حولك وذلك باستخدام النباتات المتسلقة التي بعضها تكون جيدة بصورة خاصة لإزالة الأبخرة الكيميائية من الجو.
- تعديل ارتفاع الشاشة / الجلوس بحيث تكون مرتاحا عند الجلوس وتكون العينين مع الجزء العلوي من شاشة العرض .
- ضبط سطوع شاشة العرض وتجنب انعكاس للضوء من على شاشة العرض عن طريق إغلاق ستائر النوافذ، تغيير مكان وضع الشاشة , استخدام فلتر للشاشة وتدويرها وتنظيفها حتى يقل الضوء المنعكس
- ضبط التباين على شاشة العرض لجعل الأشياء متميزة عن الخلفية
- ضبط معدل جهاز العرض لوقف الارتجاف في الضوء
- تعديل موضع شاشة العرض لتجنب الوهج (على سبيل المثال لا توضع مباشرة أمام النافذة)
- ينبغي أن تكون شاشة العرض نظيفة
- حفظ شاشة العرض وحامل الوثائق على مسافة واحدة من عينيك
- إصلاح أو استبدال شاشة العرض عندما تومض أو لا تكون واضحة بشكل كاف
- معرفة بيئة العمل
- أخذ الراحة عند الشعور بإجهاد العينين لمدة خمس دقائق لكل ساعة عمل على الكمبيوتر عن طريق النظر عبر النافذة والتركيز على شيء بعيد. كما يمكن التجول حول المكان لإتاحة الفرصة للعينين للراحة.
- استخدام الكمبيوتر الجوال بدلا من كمبيوتر المكتب عندما يكون ذلك ممكنا لأن الأول يبعث أقل من الإشعاع

- ضبط سطوع شاشة العرض بحيث يكون موضع المصابيح لا يؤدي إلى لمعان الشاشة وحدوث تباين .
- ارتداء نظارات واقية العين
- افحص العين مرة كل سنتين على الأقل أو أكثر تواترا إذا لزم الأمر وخاصة إذا كنت تعاني من مشاكل العين المتعلقة باستخدام معدات العرض. اجعل طبيب العيون يحدد المسافة بين عينيك وشاشة العرض واستخدم العدسات المنسبة للنظارة .

أسباب إجهاد العين

- سوء الفصل على شاشة العرض وارتجافها ، أو الوهج فيها
- ظروف الإضاءة الضعيفة في غرفة الحاسوب
- الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من شاشة العرض (فوق البنفسجية)
- التحديق في أي شيء لفترة طويلة من الزمن سوف يسبب عدم وضوح الرؤية
- فقدان الأيونات السالبة في جو الغرفة بسبب شحنات الكهربائية الساكنة على سطح انبون ألأشعة المهبطية

أعراض الإجهاد العين

- ضعف الرؤية ، الرؤية المزدوجة ، وعدم وضوح الرؤية
- صعوبة النظر في نقطة واحدة لفترة من الوقت
- حكة وجفاف في ألعيون وعدم الراحة عند النظر الى شاشة العرض
- الصداع و تعب العين والتي يمكن أنْ يكون لها تأثير خطير في وقت لاحق من الحياة .

9 – 5- بطئ الدورة الدموية

بطئ الدورة الدموية نتيجة لقلة الحركة والجلوس ساعات طويلة امام الكمبيوتر لان الحالات المتقدمة منها قد تسبب الجلطة الدموية في الشرايين بسبب تخثر الدم في الساقين وانتقاله إلى الرئتين لكن احتمال حدوث ذلك قليل .

ولتجنب هذه الحالات القيام ببعض التمارين الرياضية الخفيفة لتسريع جريان الدم والابتعاد قليلا عن الكمبيوتر وبسط الساقين ولي الكاحلين.

9 – 6- الإدمان على الإنترنت Internet addiction

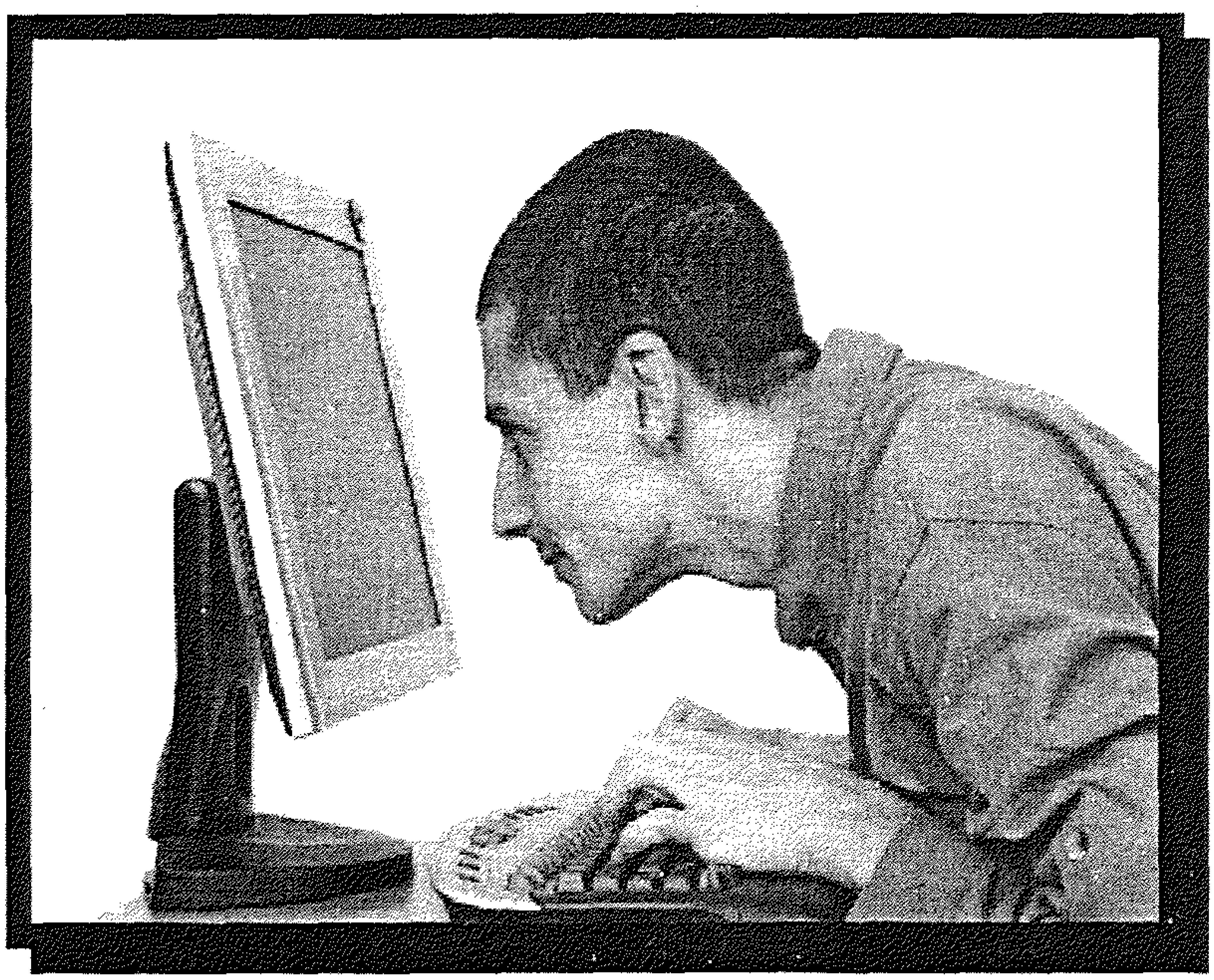
الرغبة في البقاء على الشبكة واستخدام الإنترنت طوال الوقت في كل يوم بدون أيام راحة هي إدمان الانترنت والتي تفقد الإنسان الشعور بالوقت أثناء تصفح شبكة الإنترنت ويكون ذلك على حساب العمل والمدرسة والحياة العائلية .ويرى بعض الباحثين أن العمل مع الكمبيوتر يحفز الدماغ على إفراز مادة كيماوية تسمى دوبامين، وهي تشبه الأدرينالين تسبب الشعور بالهدوء، ا والحالة المزاجية الجيدة. عند الانتهاء من العمل مع الكمبيوتر يقل إفراز الدوبامين فيشعر بالانزعاج والرغبة بالعودة إلى الكمبيوتر. وقد يؤدي ذلك في بعض الحالات الى فقدان الوظائف وانهيار العلاقات و البقاء في المنزل لفترة طويلة يسبب فقدان الاتصالات الاجتماعية وقد قدر بان نسبة الأشخاص يدمنون على الإنترنت في غضون الأشهر ألسنة الأولى من استخدام الإنترنت يصل إلى 58% .وقد جرى قبل بضع سنوات افتتاح مركز حكومي في العاصمة الصينية بكين لمعالجة الإدمان على الإنترنت ومساعدة الذين يسيئون استخدام الإنترنت وإعادة التوازن إلى حياتهم عن طريق الإرشاد وتقديم النصائح والاستشارات ، فضلا عن الصدمات الكهربائية. وأفضل علاج لمثل هذه الحالة هو الابتعاد تماما عن لوحة المفاتيح . من أهم أنواع الإدمان على الانترنت:

1. الإدمان على الجنس في الشبكة – الانشغال الكبير في الاطلاع على الافلام الإباحية والمشاركة في النقاشات التي تدور حول المكالمات الجنسية .

2. الإدمان على الألعاب والقمار في الشبكة– وهي ألعاب القمار ، المضاربة بالأسهم وباقي الألعاب التي تسبب البيع وخسارة الأموال الكثيرة في الانترنت .

3. الإدمان على التعارف ضمن الشبكة – الدخول إلى المعايشة العاطفية العالية في المحادثات، مواقع التعارف أو برامج الرسائل الفورية، بناء علاقات افتراضية تقارب الفحشاء .

4. الإدمان على المعلومات عبر الشبكة – التجميع الذي لا نهاية له للمعلومات، تخزينها وتحديثها.



9 - 7- الإشعاع

هناك مصدرين للإشعاع عند استخدام الحاسوب احدهما الموجات الراديوية ذات الترددات العالية والتي ترافق عملية تصفح الانترنيت والإشعاع الصادرة عن

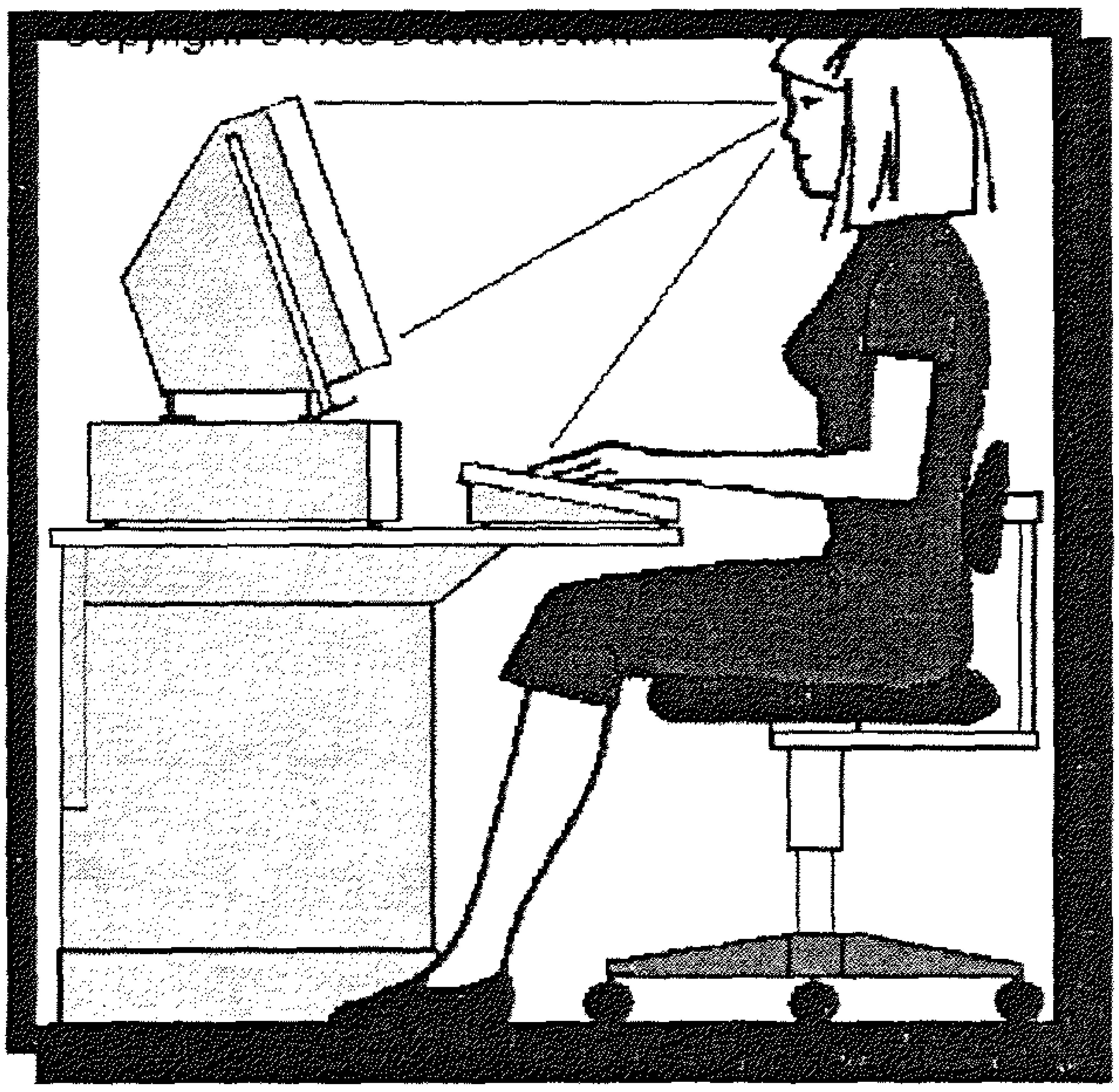
شاشات العرض للكمبيوتر يتكون من طيف واسع من الترددات تشمل مجال التـــرددات الكهرومغناطيسية والموجات المايكروية,الضوء المرئي والذي يتميز بأن له تأثير حيوي إيجابي عندما نشعر به إلا أنه قد يكون مصدر إزعاج لمن لديهم حساسية تجاه الضوء بالإضافة لتأثيره المجهد بسبب وهجه ورجفانه، والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء التي يصدرها المكونات الالكترونه في الكمبيوتر وملحقاته نتيجة لتسخينها وبالتالي رفع درجة حرارة الغرفة والتي تؤثر على بيئة العمل .الأشعة السينية والتي تتولد نتيجة لسقوط الالكترونات السريعة من أنبوب الأشعة المهبطية على الشاشة المتفلورة فتقلع احد الكترونات مكوناتها ولترتيب الالكترونات في الذرة تنبعث الأشعة السينية والتي يمتصها الغلاف الزجاجي المرصص لأنبوب الأشعة المهبطية المستعملة في الشاشات، ويمنعها من التسرب والنفوذ وبذلك يكون تركيز الأشعة الخارجية قليل جدا وجرعتة واطئة.الكهرباء الساكنة والتي تتجمع على الوجه الأمامي لشاشة العرض والشخص الجالس قريبا منها ، تؤدي لحدوث ايونات معاكسة وهباء جوي مشحون، ولها علاقة برطوبة الجو، وقد تبين أن تركيزها قليل ولا تؤدي إلى حدوث تأثيرات صحية ضارة نتيجة لوجود ايونات الهواء التي تعادلها كهربائيا.

9 – 8 - المواصفات القياسية للحاسوب

1- مواصفات شاشة العرض:

- تكون شاشة العرض دوارة ، مائلة للأعلـــى لتقليـــل الـــوهج واللمعـــان والانعكاسات للضوء على عين المستخدم ، تكون قابلة للحركـــة للأعلـــى والأسفل، واليمين واليسار و إذا لم يمكن رفعها فتستخدم الكتب أو كتـــل لضبط الارتفاع

- الشاشة تكون أخفض من مستوى الخط الأفقي للنظر أي أن الخط ألعلوي لها لا يكون أعلى من العين أو لا يقل من 20 درجة تحت الأفق من مجال الرؤية .



- تكون شاشة العرض دوارة ، مائلة للأعلى لتقليل الوهج واللمعان والانعكاسات للضوء على عين المستخدم ، تكون قابلة للحركة للأعلى والأسفل، واليمين واليسار و إذا لم يمكن رفعها فتستخدم الكتب أو كتل لضبط الارتفاع
- أن تكون الشاشة في نفس مستوى ماسكة التقارير المراد كتابتها، ووضعها في نفس زاوية الرؤيا بدون أن يحرك العامل رأسه.
- عدم تقريب العينين كثيراً من الشاشة ، وينبغي أن يكون بعدها عن الوجه ما بين 45 إلى 60 سم ، لا العينين غير مصممتين على التركيز على شيء ما يبعد عنهما 60 سم فقط لساعات طوال، لان العين تعمل على أفضل وجه عند النظر إلى الأشياء التي تبعد عنها 12 متر أو أكثر. فعند

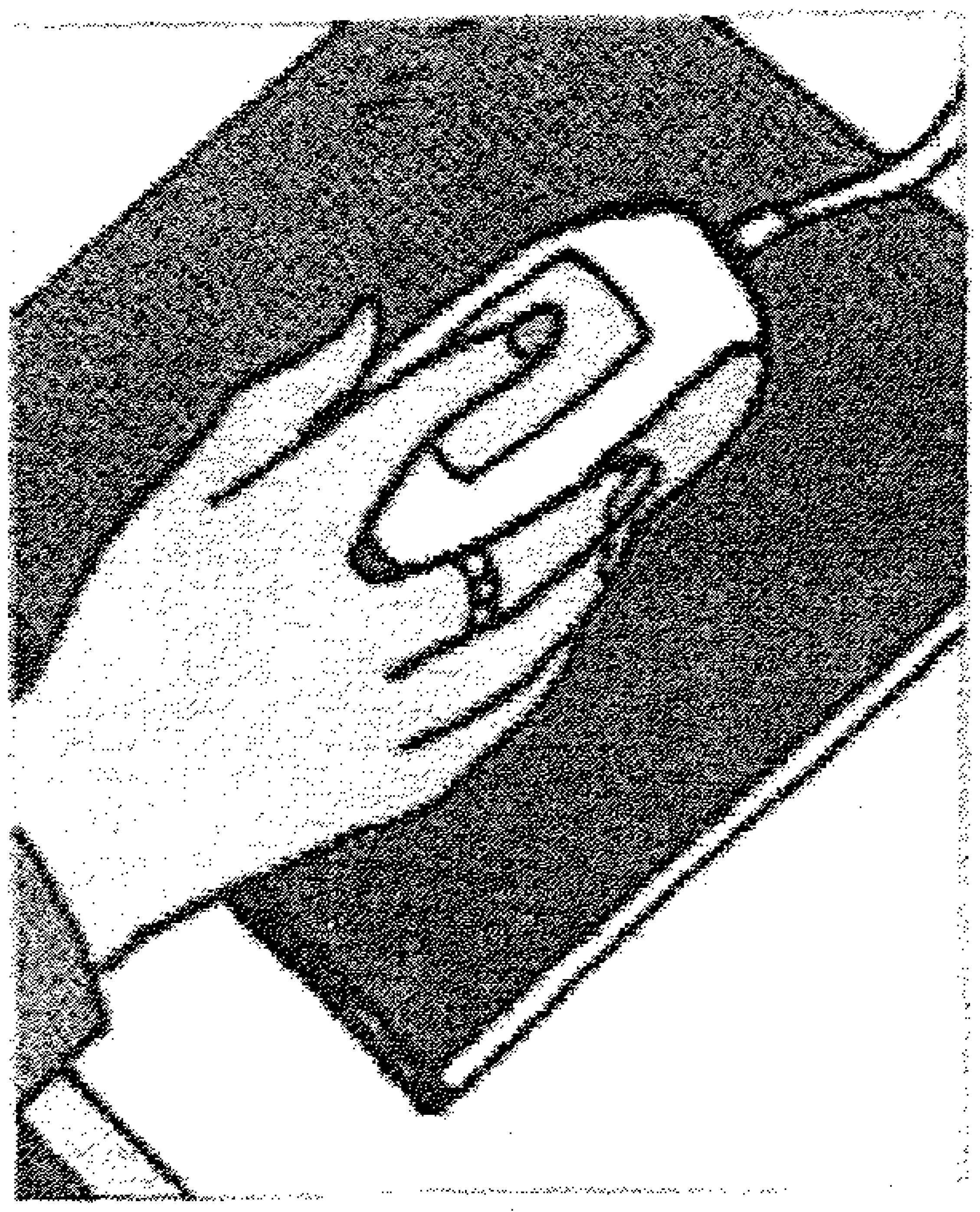
النظر إلى الأشياء القريبة تدور العينان إلى الداخل ويتقلص البؤبؤ داخلهما مما يوتر عضلات العين والأعصاب القحفية التي تؤدي إلى احمرار العين وتأزمها والشعور بالحكة، و ابهرار النظر وازدياد الوهج وزيادة الحساسية للضوء. ومثل هذه الإعراض تزول عادة مع الراحة.

- ويجب أن يكون الذراعان مستقيمين ولا ينصح بارتداء الملابس الواقية .
- ويفضل استعمال الشاشات الحديثة مثل الشاشات البلورية السائلة - LCD ،الغازية البلازمية أو التألقية الالكترونه والتي تميز بأنها أخف إشعاعا ووزنا وتدوم بطاريتها فترة أطول .

2- مواصفات لوحة المفاتيح:

- يجب أن تكون المفاتيح منفصلة عن الشاشة وقابلة للتعديل و ألحركة بأي زاوية وأخفض من مستوى الشاشة
- تسمح للساعدين أن يكونا موازيين للسطح وبدون رفع المرفقين
- تسمح للمعصمين أن يكونا على نفس الخط المستقيم مع الذراعين حتى لا يثنى الرسغ صعودا وهبوطا
- توضع لوحة المفاتيح في مستوى مرتفع يؤدي لرفع الكتفين والكوعين لأعلى. البقاء في هذا الوضع يسبب إجهاد العضلة الثابتة وأعراض الإجهاد المتكرر توضع مباشرة أمام الشاشة وعلى نفس ارتفاع الماوس ،





3- مواصفات الكرسي:

يجب أن يكون مواصفات الكرسي المستعمل على الحاسب ما يلي:

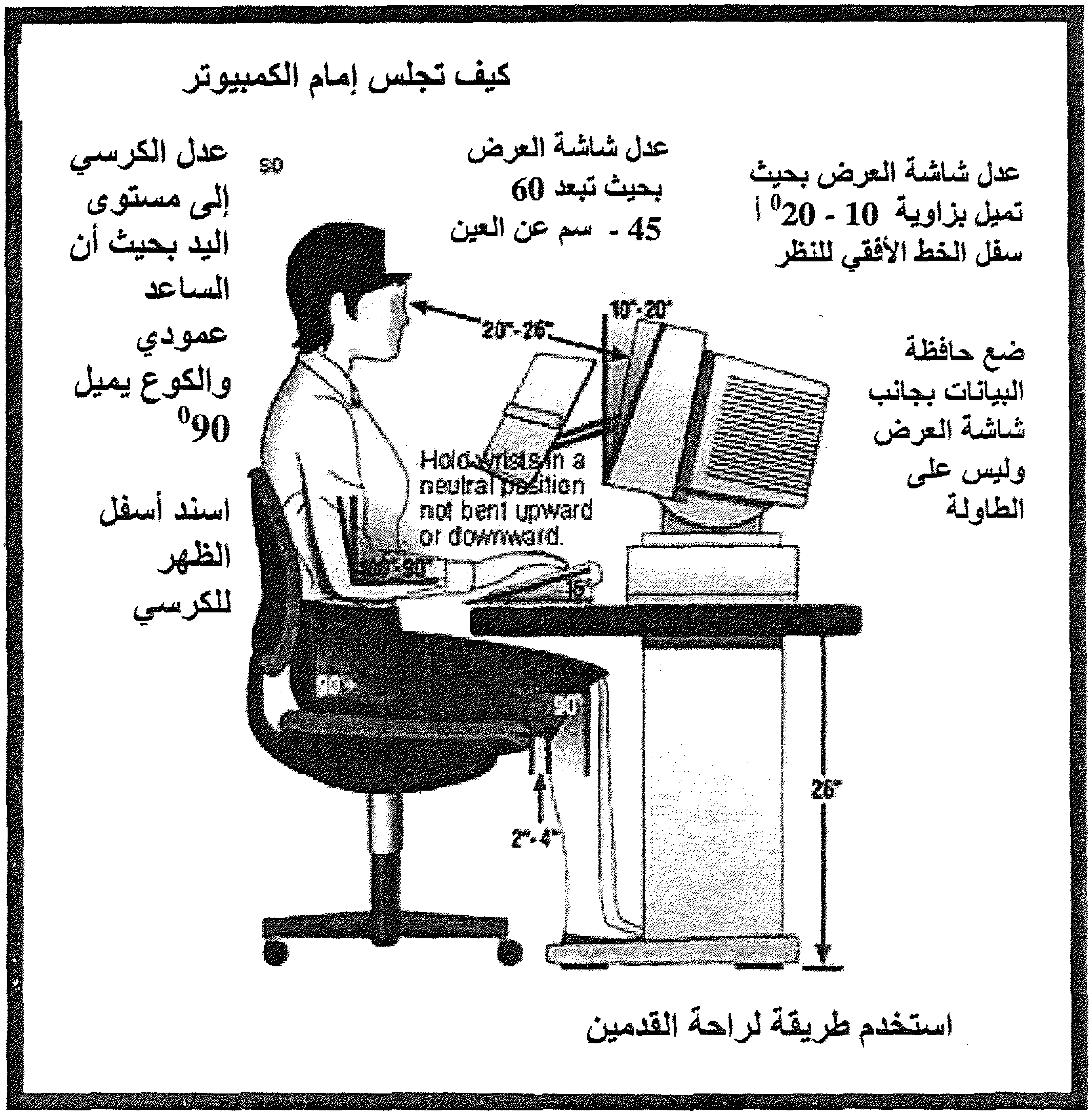
له مسند قابل للتعديل وقادر على إسناد أسفل الظهر وله خلفية مستقلة عمودية قابلة للتعديل وترجع إلى موقعها الأصلي ، وتكون مائلة للتكيف لإسناد أسفل الظهر و يمكن رفعة أو خفضه حسب الحاجة من وضعية الجلوس . لا ينبغي الجلوس البعيد عن ظهر الكرسي في المنتصف والارتخاء على الكرسي مما يؤدي لتقوس العمود الفقري وبروز الرأس للأمام .وكذلك لا ينبغي الجلوس على حافة الكرسي مما يؤدي لتصلب العمود الفقري والإجهاد العضلي .وإنما ضع مسنداً للظهر في منتصف ظهر الكرسي ، وليس في الأسفل.

- تعديل الكرسي بحيث تجعد الركبة الخلفي أعلى قليلا من عموم الكرسي (استخدام مسند القدمين المناسبة عند الضرورة)
- يكون الكرسي ذو قاعدة متحركة، وقابل للارتفاع والانخفاض والحركة يمين ويسار عن طريق تثبيت خمسة عجلات في الأسفل،
- يكون الكرسي مفروش بمقعد من النسيج وحواف الجلوس غير حادة وتكون مستديرة لتوزيع الوزن ، وينبغي ان يكون قابلا للتعديل للسماح لإمالة المقعد إلى الأمام أو الخلف
- يكون الكرسي المستعمل على طاولة الكمبيوتر بدون مساند لليدين لأنه يؤدي إلى أذية الطاولة أثناء الحركة، وصعوبة حركة العامل على الكمبيوتر مما يبعد العامل عن طاولة الكمبيوتر، وبالتالي يسبب ألم في الظهر والذراعين والكتفين

4 - مواصفات الطاولات والمكاتب:

- يفضل وجود طاولات ذات مساحة مناسبة و ارتفاعها قابل للتعديل
- توفر مساحة كافية في الغرفة لأجهزة الحاسوب ومكان كافي للوثائق
- الطاولات لها زوايا وحواف دائرية
- يجب أن تكون الطاولة التي يوضع عليها الحاسوب قابلة لتعديل الارتفاع، وأن يكون سطح المكتب مرتفع 2-3 سم عن مستوى المرفق.
- يراعى وجود فراغ عند قدمي العامل، وأن تكون طاولة الحاسوب بعيدة عن الطاولات الأخرى بمقدار بعد الشخص عن الحاسوب، وغير مقيدة للعامل، ويراعى وجود مسند للقدمين

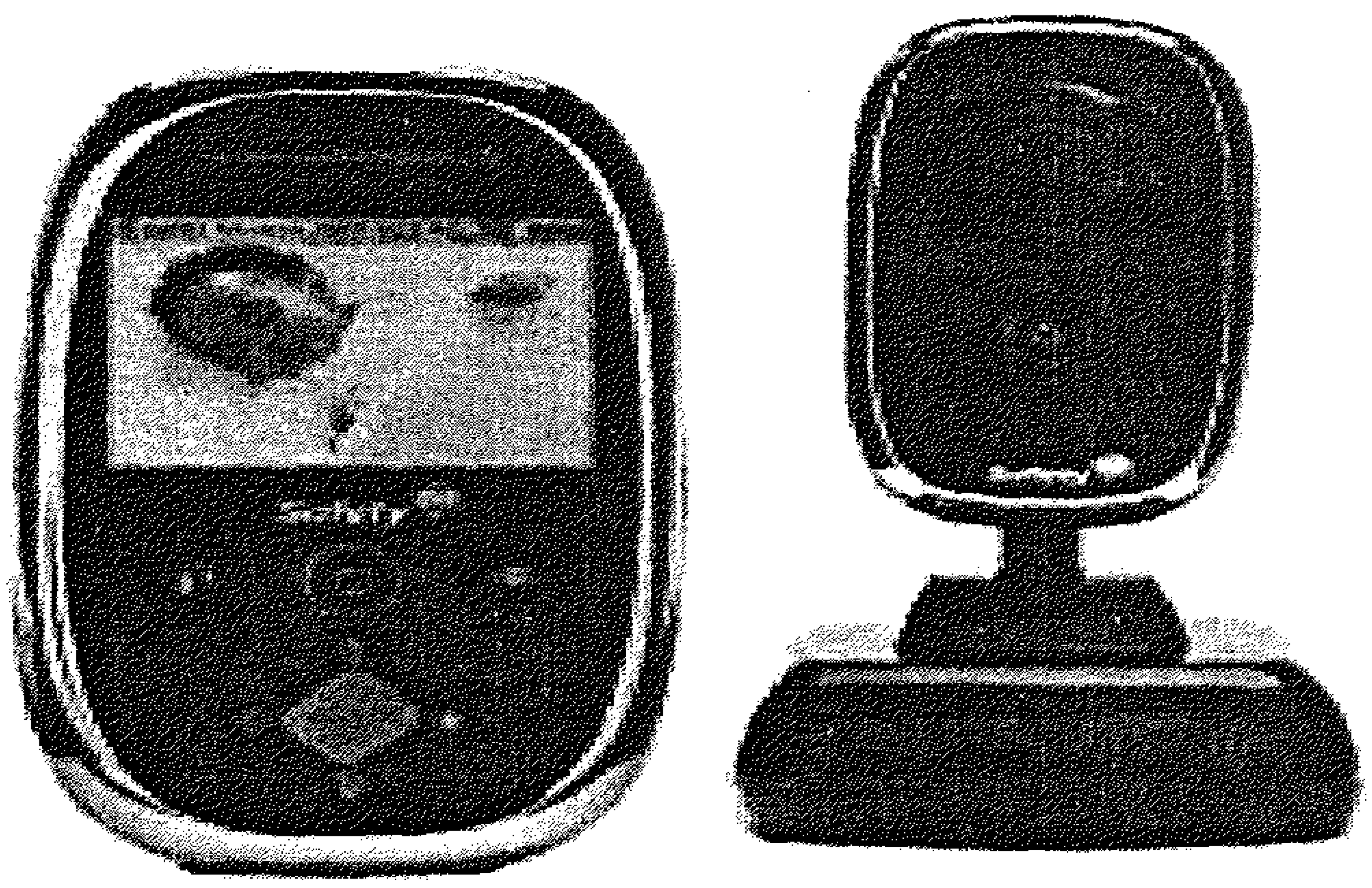


كيف تجلس إمام الكمبيوتر
عدل الكرسي إلى مستوى اليد بحيث أن الساعد عمودي والكوع يميل 90⁰
اسند أسفل الظهر للكرسي
عدل شاشة العرض بحيث تبعد 60 - 45 سم عن العين
عدل شاشة العرض بحيث تميل بزاوية 10 - 20⁰ أ سفل الخط الأفقي للنظر
ضع حافظة البيانات بجانب شاشة العرض وليس على الطاولة
Hold wrists in a neutral position not bent upward or downward.
20"-26"
10°-20°
90°-90°
15°
90°+
90°
26"
2"-4"
استخدم طريقة لراحة القدمين

9 – 9 - جهاز مراقبة الطفل Baby monitor

جهاز مراقبة الطفل ، المعروف أيضا باسم جهاز إنذار طفل ، هـو عبـارة عـن منظومة راديو تستخدم عن بعد للاستماع إلى أصوات الأطفـال الرضـع أثنـاء وجودهم في غرفة أخرى . جهاز الإرسال ، مجهزة بمايكروفون يوضع، بالقرب من الطفل ، وجهاز استقبال مجهزة بمكبر صوت يوضع بالقرب من الشخص الذي يرعى الطفل (إلام ،الخادمة) شكل (1) . ويعمل الجهازين بالطاقة الكهربائيـة العادية أو بواسطة بطارية جافة .

شكل (1) أجهزة مراقبة الطفل السمعية Audio baby monitor



بعض أجهزة مراقبة الطفل ثنائية الاتجاه ، وذلك باسـتخدام مـستقبلات تـسمح لمربية الطفل بالتحدث إلية مرة أخرى أو تشغيل الموسيقى للطفل. . ومع تطور التكنولوجيا ، يمكن استخدام شاشات فيديو تسمح بالنظر إلى الطفل وكذلك سماعه. ومن الممكن عرض صور ألطفل عن طريق شبكة الإنترنت ، في أي مكان فـي العالم. احد الاستخدامات الأساسية لجهاز مراقبة الطفل يسمح لسماع صوت الطفل

الرضيع البعيد عن مربيته عندما يستيقظ. وبالنسبة لأولئك الرضع المصابين بمرض الموت المفاجئ SIDS ، ينبغي أن لا تستخدم هذه الأجهزة إلا تحت إشراف طبيب أطفال. على الرغم من أن هذه الأجهزة يشيع استخدامها ،إلا انه لا يوجد أي دليل على أن هذه الأجهزة تمنع الموت المفاجئ SIDS ، وكثير من الأطباء يعتقدون بأن هذه الأجهزة توفر للوالدين شعورا زائفا بالأمن. بعض أجهزة مراقبة الطفل يمكن أن يستخدم كآمرة فيديو لعرض الصور على مستقبل ، سواء عن طريق توصيل جهاز الاستقبال إلى التلفاز أو استخدام شاشة كريستال سائلة LCD الجوالة. ويمكن لبعض كآمرات الفيديو أن تعمل في الليل مع مستوى إضاءة الخافتة لان معظمها يحتوي على أجهزة رؤية ليلية تعمل بالأشعة تحت الحمراء توضع بالجانب ألإمامي للكاميرا لتسمح للمستخدم بأن يرى الطفل حتى وان كانت الغرفة مظلمة . فيديو أجهزة مراقبة الطفل التي تحتوي على أجهزة رؤية ليلية ستشتغل تلقائيا في الظلام. أجهزة مراقبة الطفل الحديثة تستخدم الأنظمة اللاسلكية ، ولكن يمكن بعضها أن يستخدم الأسلاك أو قد تعمل عبر الأسلاك الموجودة في المنزل .

الأنظمة الاسلكية تستخدم الترددات الراديوية المرخصة من قبل الحكومة. فمثلا في كندا تستخدم الترددات 49 ميجاهيرتز، 902 ميجاهيرتز أو 2.4 جيجاهرتز. حيث أن هذه الترددات لا تستخدم في البث ألتلفازي أو البث الإذاعي ، ولكن مثل هذه الترددات قد تتداخل مع عمل الأجهزة اللاسلكية الأخرى مثل أجهزة الهاتف للاسلكي ، اللعب الاسلكية ، الرادار و أفران المايكروويف . بعض الأنظمة السمعية الاسلكية الرقمية تكون مقاومة للتداخل ، ولها مدى يصل إلى 300 متر ولكن هذه الأنظمة يمكن ان تلتقط بواسطة مستقبلات أخرى لأجهزة مراقبة الطفل على مسافة من المنزل طالما يكون جهاز الإرسال في حالة تشغيل وهذه لا تفضل لأنة يتعلق بالخصوصية الشخصية. لكن المرسلات الرقمية من نوع مشتت

الطيف Frequency hopping speared spectrum يوفر مستوى من الحماية من لعدم التقاطها من أجهزة أخرى . يوجد نمط آخر من أجهزة مراقبـــة الطفـــل وهي التي تستخدم الهاتف الذكي المبرمج فعندما يكشف برنامج الصوت فأنة يقوم بالاتصال برقم هاتف محدد في البرنامج ويسمح للمستخدم سماع صوت الطفـــل. وهذا يلغي نظام الإرسال المخصص لهذا العمل ،

أنواع أخرى

يمكن استخدام أجهزة استقبال محمولة تعمل بالبطاريات من قبل جميع الأشخاص في أنحاء المنزل. يبقى جهاز الإرسال بالقرب من سرير الرضع وعادة ما يـــتم توصيله إلى مأخذ كهربائي. بعض أجهزة مراقبة الطفل تشمل اثنين من أجهـــزة الاستقبال. جهاز الإرسال بالقرب من سرير الطفل يبعـــث إشـــارة ضـــوئية أو صوتية تكرر عده مرات. هذا غالبا ما يكون على شكل مجموعة من ألأضـــواء تشير إلى مستوى الضوضاء ، والسماح باستخدام الجهاز عندما يكون مـــن غيـــر المناسب أو غير العملي لجهاز الاستقبال تشغيل الصوت. بعض أجهزة مراقبـــة الأطفال لديها قابلية التنبيه بواسطة الاهتزاز مما يجعله مفيـــدا بـــشكل خـــاص للأشخاص الذين يعانون من صعوبات في السمع. المنظومات التي تحتوي العديد من أجهزة الإرسال يمكنها مراقبة عدة غرف في المنزل الذي فيه مجموعـــة مـــن الأطفال في وقت واحد . أجهزة الإرسال مع أجهزة استشعار الحركة مثل الجهاز الحساس للضغط يوضع تحت فراش الطفل لغرض إعطاء تحذير إضافي عنـــدما يكون الطفل مضطرب . معظم أجهزة الاستقبال لمراقبة الطفل في هذه الأيام اليوم تحتوي على حزام يسمح للآباء لحمل المستقبل معهم عند حركتهم حول المنزل. وإذا كان المستقبل يستخدم كثيرا ينبغي التأكدٌ ، من قوة ربط المـــشبك بـــالحزام لتحمل الاستخدام اليومي الكثير وكذلك التأكد أيضا من مصدر الطاقـــة وعمـــر البطارية. هناك العشرات من أجهزة مراقبة الطفل متاحة للـــشراء فـــي محـــلات

منتجات الأطفال. وعند شراء جهاز مراقبة الطفل ، ينبغي اختيار الجهـــاز الـــذي يناسب نمط حياة راعي الطفل والمنزل الذي يوضع فيه الجهاز. الاقتراحات التالية سوف تساعد على اختيار جهاز مراقبة الطفل المثالي بحيث يمكن مراقبة الطفل بما يضمن سلامته .

1 – مدي الجهاز Baby Monitor Range

لغرض استعمال الجهاز لمراقبة الطفل من غرف قريبة ، أو في منزل صغير ،فأي جهاز من الأجهزة البسيطة المتوفرة يمكن استعماله. أما إذا كان المنزل كبيـــر أو متعدد الطوابق أو يراد استخدامه خارج المنزل ، فينبغي أن يكون مـــدى الجهـــاز كبيرا بحيث يمكن سماع الطفل من بعيد. يمكن لبعض مواد البناء في المنـــزل ، مثل الخرسانة والمعادن ، التقليل من مدى الأجهزة. وينبغي في هذه الحالة وضـــع منظومة تحذير للمدى يمكن أن تحدد المدى لعمل الجهاز .

2 – التداخل

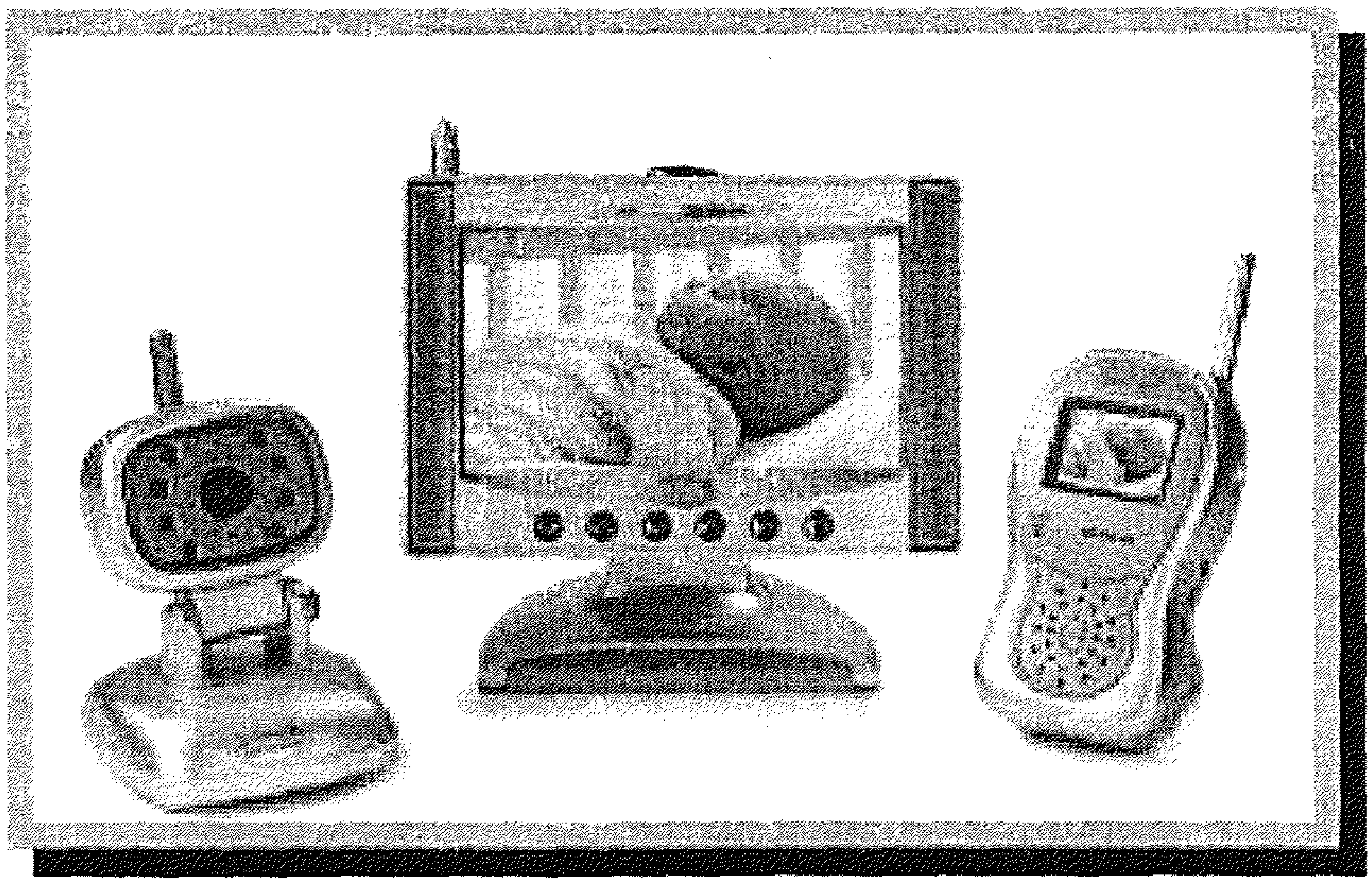
عندما تستخدم مجموعة من المنازل المتقاربة أجهزة مراقبة الطفل التـــي تـــستخدم نفس القنوات ، مما يعني أن الجيران يسمعون بعضهم للبعض الأخر ،وكذلك فـــان الهواتف الاسلكية يمكنها أيضا التقاط أصوات احهزة مراقبة الطفل. وقـــد يمكـــن سماع ما يدور في ألبيت من قبل لص أو عصابة لخطف الأطفال ينبغي في هـــذه الحالة البحث عن الجهاز الذي قد أضيفت له معدات الأمان أو التكنولوجيـــا التـــي تمنع التداخل .

3 – رصد الأصوات والصور

أساس عمل أجهزة مراقبة الطفل هو سماع ما يحدث في غرفته من قبل المربية . أجهزة مراقبة الطفل الحديثة تمكنها مشاهدة الطفل على شريط فيديو ، وحتـــى

يمكن مراقبة تنفس الطفل وحركة الطفل ، هي أكثر كلفة من الأجهزة الصوتية ، ولكن غالبية هذه الوحدات لديها كاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء حتى يمكن مشاهدة الطفل حتى في الليل. شكل (2). تقانة الفيديو مفيدة ، لكنها قد تزعج المربي عند مشاهدة الشاشة باستمرار ، ومع ذلك فان الوكالة الاسترالية تحذر من أن الآباء قد يكون لهم إحساس زائف بالأمن من هذه الأجهزة ولا يزال فحص الطفل شخصيا الخيار الأكثر أمانا. معظم الأجهزة الرخيصة تعاني من ظاهرة التداخل مع الهاتف الجوال أو الهواتف اللاسلكية المستخدمة من الجيران أو المناطق القريبة . للتغلب على هذه المشكلة بعض المراقبين الطفل تزود بعض أجهزة مراقبة الطفل بأكثر من قناة واحدة.

شكل (2) أجهزة مراقبة الطفل الفديوية الرقمية Digital video baby monitor

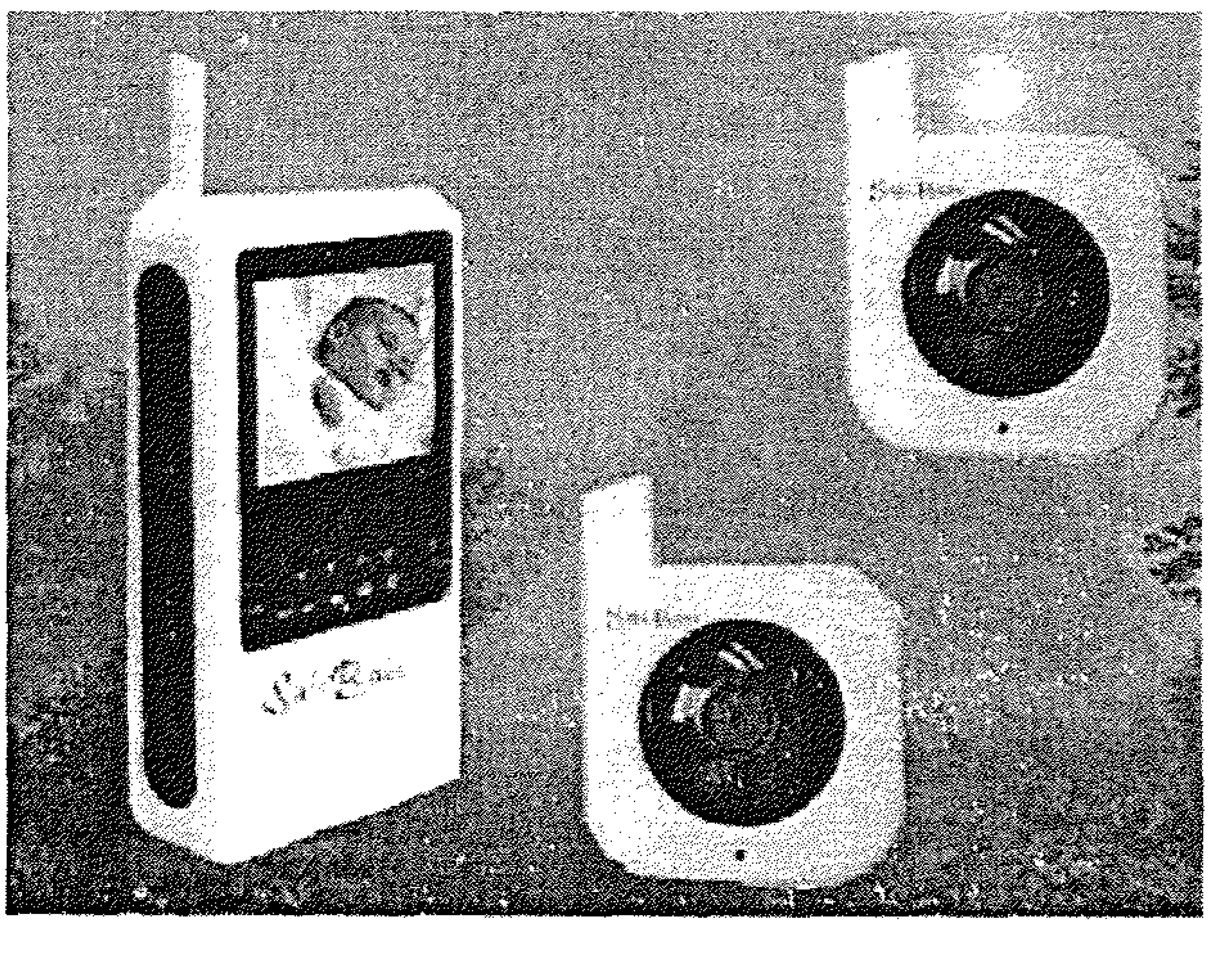




4 - المراقبة لغرف متعددة

معظم أجهزة مراقبة الطفل تحتوي على جهاز إرسال واحد للمربية ، وجهاز واحد أو جهازين من أجهزة الاستقبال التي تتيح إلى الوالدين سماع طفل. إذا كان المطلوب الإرسال إلى أكثر من غرفة واحدة ، أو لأكثر من طفل ، فهناك عدد أقل من الخيارات وفي هذه الحالة ينبغي استعمال اثنين أو أكثر من أجهزة مراقبة الطفل لمراقبة أكثر من طفل شكل (3)، ولكن يجب اختيار الأنظمة التي لا تتداخل مع بعضها ونتيجة لمثل هذا التداخل فيسمع صياح مزعج.

شكل (3) أجهزة مراقبة الطفل الفديوية الرقمية لعدة غرف



5 - اختيار الحجم والوزن المناسبين. معظم أجهزة مراقبة الطفل تحتـوي علـى معلاق لتركيب جهاز الاستقبال الخاص بـالحزام أو الملابـس حيـث ان بعـض الأجهزة بحجم . المحفظة.

أنواع أجهزة مراقبة الطفل

توجد عده أنواع من أجهزة مراقبة الطفل هي :

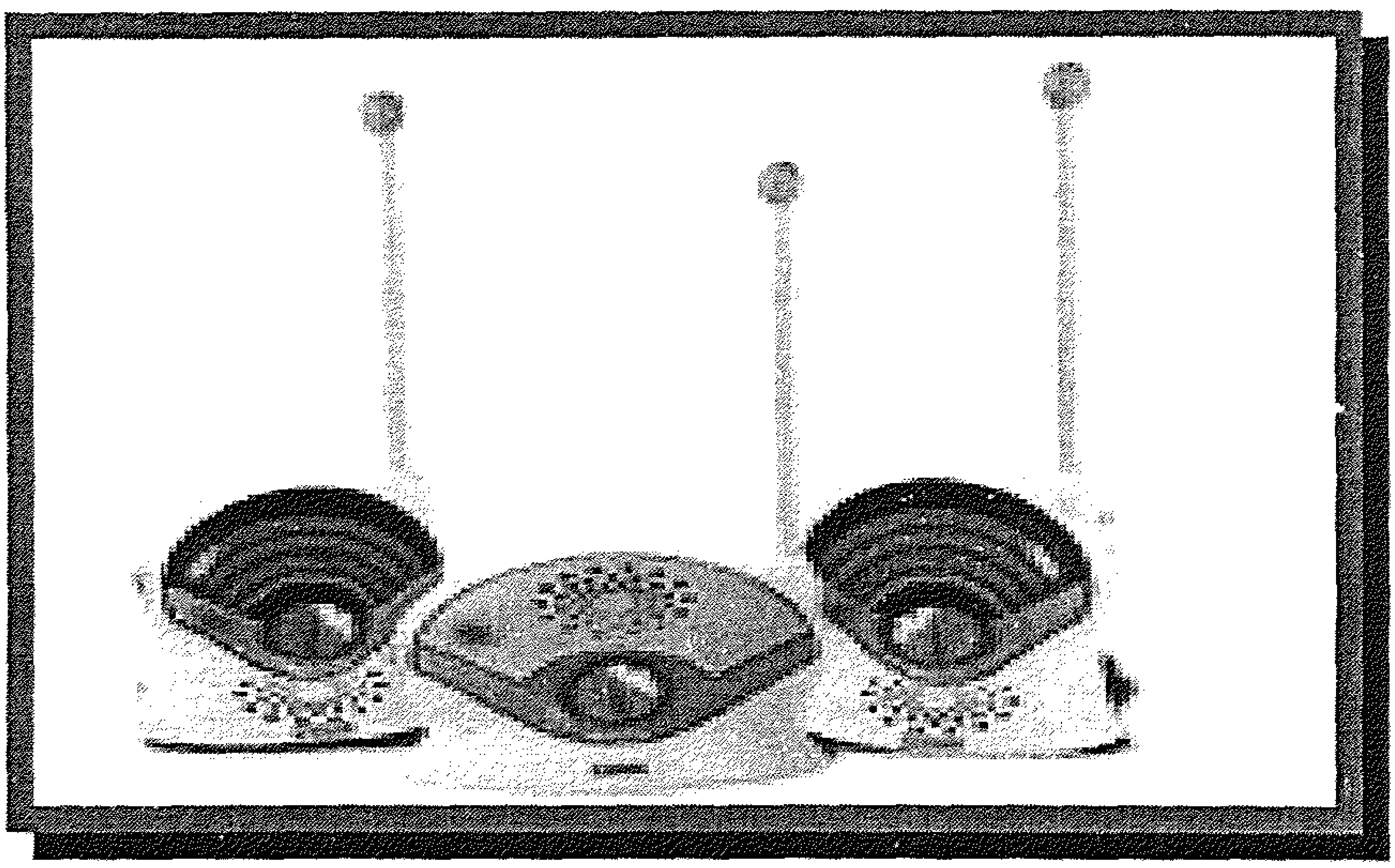
1 - الأجهزة السلكية:

هي الأجهزة التي تربط بواسطة الأسلاك الكهربائية وهـي أمينـة مـن ناحيـة الإشعاعات الكهرومغناطيسية ولكن هذه الأنواع ليست متاحة على نطاق واسع.

2 - الأجهزة اللاسلكية التناظرية التي تستخدم الموجات الراديويـة ذات التـردد المنخفض التي تمتاز بأمانة أكثر. شكل (4)

3 - أجهزة مراقبة الطفل الأجهزة اللاسلكية الرقمية وتستخدم الترددات العاليـة بشكل إشارات نبضية ، تماثل تماما الهواتف الجوالة ، وعلـى الـرغم مـن أن مستويات القدرة منخفضه إلا أنها تبقى قريبة من الطفل طوال الليل فقد تمثل خطرا كبيرا على صحة الطفل لأنها تنبعث ألأشعة الميكروويية.

شكل (4) الأجهزة الاسلكية التناظرية لمراقبة الطفل



9 – 10 - التأثيرات الصحية لأجهزة مراقبة الطفل

أشارت بعض التقارير في الصحف البريطانية إلى القلق المتزايد من أن الموجات المايكروية يمكن أن تضر بصحة الإنسان استنادا إلى التقارير التي قدمها السير وليام ستيوارت رئيس وكالة حماية الصحة في بريطانيا قبل بضع سنوات من دراسته لشبكات الهاتف الجوال وتأثيرها على الأطفال في المدارس. وذكرت الدراسة أن الطفل البالغ من العمر سنة واحدة يمكن أن يمتص من الإشعاع حوالي ضعف ما يمتصه الشخص البالغ . لأن أجساد الأطفال وجهازهم العصبي في حالة نمو ، و سيكون لدى التأثيرات المتأخرة للإشعاع المزيد من الوقت لتراكم للإشعاع في أجسامهم ، وظهور الآثار المتأخر .

وعلى هذا الأساس فان أجهزة مراقبة الطفل عادة ما توضع قريبة من الرضع الذين قد يكونوا في خطر من الإشعاع. وقد ذهبت بعض التقارير غير المسندة ببحوث رصينة

إلى أن الإشارات النبضية البطيئة المستخدمة من قبل أجهزة الإرسال يمكن أن تسبب الصداع ، سرطان الدم ، أورام المخ وربما تعكر صفو النوم أو اضطراب السلوك.

وقد وضح البروفسور دينيس هينشو Denis Henshaw من جامعة بريستول ،أن أجهزة مراقبة الأطفال قد جري تسويقها من دون أي ضوابط أو حتى دراسات حول آثارها الصحية. كذلك أشار الأستاذ يوهانسون من معهد كارولينسكا السويدي أن خلايا الطفل في حالة نمو وهي حساسة جدا لتأثيرات الإشعاع . أن أجهزة مراقبة الأطفال الموضوعة في غرف نومهم تعرضهم لمزيد من نبضات الأشعة الميكروويية تكون أكثر من تأثيرات الأشعة المايكروويية المنبعثة من سارية الهاتف الجوال . أشارعدد من التقارير الواردة من الآباء والأمهات أن أطفالهن لم يناموا جيدا ، ويبكون كثيرا عند استخدام أجهزة مراقبة الأطفال؛ وأضاف التقرير أن الأجهزة السلكية القديمة أو الأجهزة التناظرية لا تثير نفس القلق

والتأثيرات الضارة على صحة الطفل وأوضح الدكتور Roger Coghill الــذي يدير مختبر متخصص في الإشعاع ،يجب وضع أجهزة مراقبة الأطفال على بعد لا يقل عن 3 متر من الرضع. وقال " إلام تريد أن تسمع صوت رضــيعها و لا تريد إلحاق الضرر به. بالمقابل أشار متحدث باسم الشركة التي تبيع أجهزة مراقبة الأطفال بأنه لا يعتقد أن هناك أي خطر من هذه الأجهزة ، وهــي تتقيــد بتلبيــة معايير السلامة الدولية.

فيليبس واحدة من الشركات التي يستخدم التقنية الرقمية اللاســلكية فــي أجهــزة مراقبة الطفل. أوضحت الشركة على أن هذه التكنولوجيا تقضي على التداخل مــع الأجهزة اللاسلكية الأخرى ، ويضمن الخصوصية الفرديــة . لكــن ألتكنولوجيــا الرقمية ، وبسبب بعثها للنبضات المايكروية فإنها أكثر ضررا من الأجهزة التــي تعمل بالتكنولوجيا التناظرية القديمة. وأشارت فيليبس ، فــي تقريرهــا إلــى أن انبعاث الإشعاع من في أجهزة مراقبة الطفل الرقمية ليست خطرا على الأطفال : "إن مستوى التعرض هو أقل 10000 مرات من معايير السلامة المتعارف عليهــا دوليا. التعرض المستمر لهذه الطاقة يمكن أن يؤدي إلــى الــصداع ، والتهــيج ، والأرق ، والتعب ، أو حتى مشاكل صحية أكثر خطورة وخاصة على الأطفال .

على الرغم من ذلك يمكن تجنب الضرر على البيئة العامــة مــن الإشــعاعات االكهرومغناطيسية المنبعثة بتطبيق :

1- وضع جهاز مراقبة الطفل على بعد لا يقل عن متر واحد من سرير الطفل أو تعليقه في السقف اعلي سرير الطفل لان القدرة تتناقص حــسب قــانون التربيــع العكسي.

2 – تقليل ما يـسمى بالـضباب الكهربـائي Electro-SMOG هـي الطاقـة الكهرومغناطيسية التي تنبعث من الأجهزة التي تعمل بالموجات المايكروية الشائعة الاستخدام في البيت مثل أجهزة التلفاز, ألهـاتف الجـوال ، الكمبيـوتر, الهـاتف ألاسلكي, منظومات الكمبيوتر اللاسلكية ،المايكروويف. و أجهزة اللاسلكي الأخرى وذلك إيقاف عملها في غرف البيت ليلا وخاصة في غرف الأطفال .

3 – المواد التي تضخم الموجات الكهرومغناطيسية هي المعادن. لذا فان استخدام المعادن في تزيين وديكور البيت يجب أن يكون في أدنى حد ممكن عن طريـق اختيار مواد أخرى للأثاث وأغطية النوافذ ، والأجهـزة أو الأسبـطح الأخـرى. ويفضل عدم وضع أجهزة الكمبيوتر وأجهزة التلفزيون في غرف نـوم ألأطفـال لخفض مستوى الموجات الكهرومغناطيسية . وحتى استخدام الشماعات الخـشبية بدلا من المعدنية .

المصادر

1 - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.
Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Phys. 66:100 –106; 1994.
2 - User Manual for TS-EMF 2004 ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG
3 - Portable EMF Measurement System TS-EMF 2005. ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG
4 - Research and Regulatory Efforts on Mobile Phone Health Issues. USA Report to Congressional Requesters. 2001. TELECOMMUNICATIONS.
5 –David.H, Ropert.H, Eric Boberg, and frank.G. Impact of a patient-centered, computer-based health information/support system. American Journal of Preventive Medicine.volume 16, 1999
6 - Carrie Marks, Reduce Your Risk for Computer Vision Syndrome, Health newes. 2111.
7 - James E. Gray, Charles Safran[1], Roger B. Davis, Grace Pompilio-Weitzner, Jane E. Stewart, Linda Zaccagnini, and DeWayne Pursley. Baby CareLink: Using the Internet and Telemedicine to Improve Care for High-Risk Infants. PEDIATRICS Vol. 106.
2000.
8 – الفيزياء العامة د.عُذاب طاهر الكتاني 2009 دار الفجر للنشر والتوزيع- القاهرة



هــــذا الكتـــــاب

في عام 1890، ابتكر وطور ماركوني أول نظم للاتصالات الراديوية وبعد ذلك ازداد تطور معدات توليد ترددات القدرة ومجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة. ومنذ ذلك الحين أستخدمت تكنولوجيا البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات اللاسلكيه والعديد من التقنيات الأخرى. وكان الهاتف الجوال الذي استخدم في بداية عام 1980, هو من أكثر التطبيقات الحديثة والناجحة لاختراع ماركوني.
يمثل الكتاب معلومات مهمة ومبسطة عن الهاتف الجوال والمحطات الارضيه و
الصحية حسب البحوث الأصيلة لمجموعة من الباحثين ولم يتوخى المؤلف
المخاطر او التقليل من شانها ولكن البحوث تمت مناقشتها بعلمية وموضوعية
إقترح المؤلف إجراء مزيد من البحوث للوصول إلي قناعة راسخة بتل
نأمل أن نكون قد وفقنا في هذا المؤلف لخدمة الإنسان العربي

والله ولي التوفيق ،،،

الناشر

عبد الحي أحمد فؤاد

دار الفجر للنشر و التوزيع

4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة - القاهرة تليفون :26246252 فاكس :26246265

daralfajr@yahoo.com www.daralfajr.com

I.S.B.N
978-977-358-250-5